



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN  
SECUNDARIA

Introducción a la robótica con LEGO en un programa bilingüe

Introduction to robotics with LEGO in a bilingual program

Eusebio Real Peña

Especialidad en Física y Química y Tecnología

Director: Ángel Cuesta García

Curso académico 2019/2020

Junio de 2020

## Agradecimientos

Este Trabajo Fin de Máster ha sido posible gracias a la ayuda de Ángel Cuesta e Ismael Díaz durante mi estancia en el IES La Albericia en el periodo de realización de las Prácticas de Enseñanza. Gracias por abrirme las puertas de vuestras clases y acogerme en vuestro centro.

## Reconocimiento

Los robots utilizados en este trabajo se han financiado gracias al proyecto Erasmus+ “*Robots to collaborate, communicate and share: languages to understand each other*” (2019-1-FR01-KA229-062137\_4).

## Resumen

En este Trabajo de Fin de Máster se realiza una propuesta didáctica para introducir la robótica en 2º de ESO dentro del marco de un plan bilingüe inglés-español y la colaboración en un programa europeo Erasmus+ para la docencia de robótica.

Las actividades diseñadas formarán parte del conjunto de actividades que se desarrollan en el plan bilingüe del centro, donde se usa en todo momento el inglés como lengua vehicular y se prima trabajar en tareas lúdicas que fomenten la creatividad, mejoren la comunicación del alumnado y su destreza para hablar en público. En sintonía con estos objetivos, la robótica educativa permite trabajar otras disciplinas científico-técnicas alineadas con la filosofía STEM. Además, permite trabajar elementos transversales como el uso de las TIC y el trabajo colaborativo, la expresión oral y espíritu emprendedor.

En esta propuesta se plantea primero realizar unas prácticas de introducción para que el alumnado pueda a continuación diseñar, construir y programar sus propios robots. Esta fase sigue el método orientado a proyectos, trabajando en pequeños grupos en sus robots con el objetivo de exhibirlos en la asamblea de fin de curso del plan bilingüe en el IES La Albericia.

## Summary

In this Master's Thesis, an educational proposal is made to introduce robotics in 2<sup>nd</sup> of ESO within the framework of a bilingual English-Spanish plan and a collaboration in a European Erasmus+ program to teach robotics.

The activities designed here will be part of the set of activities that are developed in the bilingual plan of the center, where English is used as common language and it is a priority to work on recreational tasks that promote creativity, improve student communication abilities and public speaking skills. In accordance with these objectives, educational robotics allow working on other scientific and technical disciplines, aligned with STEM philosophy. In addition, it improves cross-curricular elements such as the use of ICT and collaborative work, oral expression and an entrepreneurial spirit.

In this proposal, it is first suggested to carry out introductory practices, so that the students can later design, build and program their own robots. This phase is in accordance with project-based learning, working in small groups on their robots with the aim of displaying them at the end-of-course assembly of the bilingual plan at IES La Albericia.

# Índice

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. LA FILOSOFÍA STEM .....	2
1.2. APORTACIÓN DE ESTE TRABAJO .....	4
1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO .....	5
<b>2. ROBÓTICA EDUCATIVA .....</b>	<b>6</b>
2.1. ROBÓTICA EDUCATIVA EN EDUCACIÓN SECUNDARIA .....	6
2.2. PLATAFORMAS UTILIZADAS EN ROBÓTICA.....	9
2.3. COMUNIDAD EN TORNO A LA ROBÓTICA EDUCATIVA .....	10
<b>3. CONTEXTO EN EL IES LA ALBERICIA .....</b>	<b>13</b>
3.1. DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA .....	14
3.2. CURSO DE 2º DE ESO BILINGÜE .....	15
3.3. CARACTERÍSTICAS DEL PROGRAMA BILINGÜE EN EL IES LA ALBERICIA .....	15
3.3.1. Séptima hora y asambleas .....	17
3.4. PROYECTO ERASMUS+ .....	19
<b>4. INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA CON LEGO MINDSTORMS EV3 .....</b>	<b>22</b>
4.1. ENTORNO DE PROGRAMACIÓN .....	23
4.2. MATERIAL DIDÁCTICO .....	25
<b>5. PROPUESTA DIDÁCTICA: INTRODUCCIÓN A LA ROBÓTICA EN 2º ESO CON LEGO MINDSTORMS EDUCATION EV3 .....</b>	<b>27</b>
5.1. ACTIVIDADES .....	27
5.2. UBICACIÓN .....	28
5.3. MATERIALES Y RECURSOS DIDÁCTICOS.....	29
5.4. OBJETIVOS.....	30
5.5. ANÁLISIS CURRICULAR .....	31
5.6. ANÁLISIS EXTRACURRICULAR .....	31
5.7. EVALUACIÓN CENTRADA EN COMPETENCIAS.....	33
5.8. ANÁLISIS DE ESTA PROPUESTA DESDE LA PERSPECTIVA DEL MODELO DE ENSEÑANZA- APRENDIZAJE CENTRADO EN COMPETENCIAS .....	35
5.8.1. Competencias .....	35
5.8.2. Modalidades organizativas .....	36
5.8.3. Métodos de enseñanza .....	37
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>51</b>
VOCABULARIO .....	51
PRÁCTICA 0. PREPARACIÓN .....	52
PRÁCTICA 1. BLOQUE CENTRAL EV3.....	56
PRÁCTICA 2. MOTORES .....	62
PRÁCTICA 3. SENSOR DE PRESIÓN, ULTRASONIDOS Y GIRÓSCOPO .....	65
PRÁCTICA 4. SENSOR DE COLOR .....	69
PRÁCTICA 5. EQUIPO DE CARRERAS .....	73

## 1. Introducción

Muchas personas, y en particular alumnos, identifican los robots como máquinas de aspecto similar al del ser humano, que hablan, piensan o actúan como este (Páez y Pachón, 2010). La Real Academia Española tiene una definición similar a esta en la segunda acepción de robot: “que imita la figura y los movimientos de un ser animado” (Real Academia Española, 2020). Pero la acepción más acertada es la primera: “máquina o ingenio electrónico programable que es capaz de manipular objetos y realizar diversas operaciones” (Real Academia Española, 2020). Los robots no son simples máquinas, sino que tienen la capacidad de realizar acciones de forma relativamente autónoma y tomar decisiones en función del procesado que hacen de datos o de señales recibidas por sensores.

Algunos de los elementos clave de la robótica que la hacen ideal para la educación son su versatilidad y que es programable, incentivando el empleo de la imaginación y favoreciendo su uso para resolver múltiples problemas. Estas soluciones, conllevan una parte de creatividad, pero también han de cumplir ciertas normas atadas a la realidad de los dispositivos y a las reglas de la programación: si no las siguen el robot no funciona, lo que da una capacidad de autoevaluación y corrección inmediata al alumno ligado al desarrollo del pensamiento lógico y analítico.

Según encuestas al profesorado de diferentes etapas educativas recogidas por el Instituto Nacional De Tecnologías Educativas Y De Formación Del Profesorado (INTEF, 2018), una parte importante del profesorado en España está de acuerdo en que la programación, la robótica y el pensamiento computacional deben incluirse en Educación Infantil y Primaria de forma transversal y en Educación Secundaria de forma específica. Aun así, la mayoría de los encuestados dedicaba menos de 50 horas anuales a estas tareas. También se muestra como la mayoría de estos profesores se ha formado en estas disciplinas de forma autónoma, lo que demuestra motivación por parte de los docentes españoles en este sentido.

### 1.1. La filosofía STEM

En la actualidad y en los próximos años el empleo y el desarrollo tecnológico en el campo de la robótica experimentarán un gran crecimiento. La robótica ya es una realidad y el alumnado de Educación Secundaria (y tal vez Educación Primaria) debe formarse en este campo para estar preparado para el futuro. Hay que tener en cuenta que dominar las Tecnologías de Información y la Comunicación (TIC) y el inglés son cada vez más relevantes para ejercer profesiones de corte científico-técnico, donde es común manejar documentación técnica en inglés, colaboración con compañeros de diferentes perfiles, movilidad entre países, etc. Las actividades de robótica llevan a los estudiantes a utilizar y entender las TIC y herramientas digitales de manera natural para buscar información que resuelva sus dudas o inquietudes. La alfabetización digital centrada en el aprendizaje de competencias es cada vez más necesaria para una inserción plena en la cultura y en la sociedad del futuro (Dirección Nacional de Innovación Educativa, 2017).

En este sentido se presenta la filosofía STEM, acrónimo en inglés (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), que busca combinar las disciplinas de ciencias, tecnología, ingeniería y matemáticas y en ocasiones añadiendo explícitamente la parte de creatividad del arte (*Art*, STEAM). Este movimiento tiene como objetivo fomentar en el alumnado la vocación por estudios y profesiones de corte científico y tecnológico. El Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF, 2018) recalca el efecto de estas metodologías y del desarrollo de las destrezas y competencias relacionadas con este ámbito en el alumnado y la necesidad de cara a su incorporación al mercado laboral actual y futuro en Europa.

Domènech-Casal, Lope y Mora (2019) concluyen que el hecho de combinar disciplinas no conlleva una mejora inherente de todas ellas y que funcionan mejor las actividades vinculadas a ejemplos reales de proyectos multidisciplinares que incluyen una parte práctica. La filosofía STEM está muy vinculada al método de trabajo basado en proyectos (Domènech-Casal et al. 2019; Ocaña, Romero, Gil y Codina, 2015). Holmlund, Lesseig, y Slavitt (2018)

concluyen que no hay una única forma de implementar las filosofías STEM y que los resultados dependen considerablemente de la labor del profesorado, especialmente la planificación de las actividades, y de su experiencia aplicando estas metodologías. Ocaña et al. (2015) defienden que darle un objetivo al aprendizaje, como la participación en competiciones de robots, supone una motivación extra para el alumnado.

La robótica facilita la introducción de metodologías de trabajo colaborativas como el método de proyectos (Denis y Hubert, 2001), al colaborar para desarrollar una solución a un problema concreto. El trabajo en equipo es uno de los pilares de la robótica educativa y saber trabajar de forma cooperativa es una aptitud cada vez más demandada por las empresas. El trabajo grupal y la reflexión permiten confrontar ideas y tomar decisiones en común. Experimentar mientras se aprende permite trabajar diferentes elementos cognitivos.

La robótica es ideal para trabajar pensamientos de orden superior según la taxonomía de Bloom (Anderson et al., 2001), como son analizar cómo o por qué funcionan unas cosas y otras no, evaluar opciones para decidir cuales son más convenientes y, sobre todo, crear: diseñar, construir y transformar. El llamado Cono de la experiencia (Dale, 1946) indica como el aprendizaje mejora a medida que las actividades pasan de leer y escuchar a otras actividades que involucran ver demostraciones, participar en debates y explicaciones y finalmente experimentar, construir y diseñar. Hay muchas discrepancias en cuanto a la realidad del cono original publicado por Dale (1946) y las múltiples modificaciones realizadas por autores posteriores sin base científica, como haberle cambiado el nombre por el de cono de la educación, atribuirlo a otros autores como la pirámide de Glasser y, principalmente, haber asignado porcentajes de asimilación de conocimientos en cada uno de los niveles del cono sin estudios que lo corroboren (Kåre 2015; 2018). En cualquier caso, parece lógico pensar que una metodología de trabajo que abarque diferentes tipos de actividades y que involucre al alumnado de forma activa producirá beneficios en su educación. Ocaña et al. (2015) destacan de la robótica educativa en la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) la facilidad para que cada alumno desarrolle sus habilidades a su propio ritmo y lo plantea como una posible



herramienta en la atención a la diversidad. Diferentes autores resaltan los beneficios del uso de la robótica educativa en la docencia con alumnado con necesidades educativas especiales (NEE) y concretamente con la plataforma LEGO Mindstorms. Conchinha (2012) valora su utilidad como apoyo terapéutico y su influencia positiva en el desarrollo cognitivo, resaltando la flexibilidad de esta plataforma para adaptarse a las diferentes necesidades educativas y su evaluación cualitativa. Cook, Adams, Volden, Harbottle y Harbottle (2011) y Poletz, Encarnação, Adams, y Cook (2010) resaltan como permite mejorar la expresividad en alunado con dificultades comunicativas e incluso se ve modificada la percepción de padres y profesores acerca de las capacidades de los estudiantes viendo como se desenvuelven con estos robots.

## 1.2. Aportación de este trabajo

Este Trabajo Fin de Máster consiste en una propuesta didáctica para impartir robótica en Educación Secundaria. Esta toma forma mediante la elaboración de material de trabajo consistente en unos guiones de prácticas (ver anexo) concebidos para permitir al alumnado comenzar practicando elementos básicos de programación y robótica y terminar diseñando, construyendo y programando un robot siguelíneas para una competición. La plataforma de robótica elegida son los robots de LEGO Mindstorms (LEGO, 2020g), que se han adquirido gracias a la financiación proporcionada por el proyecto Erasmus+ “*Robots to collaborate, communicate and share: languages to understand each other*” (Robots para colaborar, comunicar y compartir: lenguajes para entenderse, referencia 2019-1-FR01-KA229-062137\_4). El presente documento pretende proporcionar material técnico y didáctico suficiente para facilitar al profesorado la impartición de las prácticas propuestas.

El material elaborado está concebido para ser utilizado en el aula con el alumnado del grupo bilingüe de 2º de ESO en el IES La Albericia. Los dos objetivos principales de esta propuesta son enseñar robótica y el desarrollo de destrezas y competencias alineadas con la filosofía STEM. La docencia de robótica en este curso supone un elemento extracurricular ligado a la asignatura

de Tecnología y concretamente con programación, sirviendo de complemento que permite impartir este contenido de forma más experimental.

Las actividades propuestas se encuadran dentro del marco de actividades extracurriculares que se desarrollan en las dos sesiones semanales adicionales que imparte el alumnado de la modalidad bilingüe a lo largo de la ESO. En el IES La Albericia estas actividades se dedican a actividades que trabajan competencias, valores y destrezas que no forman parte del currículo específico de las diferentes asignaturas, pero relacionadas con las competencias y objetivos de etapa según se indican en el decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria (2015). Estas actividades se desarrollan íntegramente en inglés y no forman parte de la evaluación cuantitativa, pero sí se realiza una evaluación cualitativa.

El alcance de este trabajo fin de máster es de diseño teórico debido a la interrupción de la docencia presencial dictada en la resolución de 14 de marzo de 2020, por la que se suspende la actividad presencial en todos los Centros Educativos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, como consecuencia de la evolución epidemiológica del coronavirus (COVID-19) (2020).

### 1.3. Estructura del documento

En este documento se analizan primero los diferentes elementos que forman parte del marco de trabajo y a continuación se presenta la propuesta didáctica. El capítulo 2 hace referencia a la robótica educativa como disciplina en la que se engloba esta propuesta. En el capítulo 3 se recalcan los elementos más concretos del contexto local, estudiando las características del centro y del grupo de alumnos para el que se ha diseñado la propuesta. El capítulo 4 explica la plataforma de robots elegida y las características principales por las que se ha elegido para explicar robótica en este contexto. En el capítulo 5 se detalla la propuesta didáctica concreta y se analizan desde el punto de vista pedagógico las peculiaridades que presenta. Por último, se indican algunas conclusiones relevantes y se presenta como anexo el material de trabajo elaborado para poder impartir esta propuesta.

## 2. Robótica Educativa

La robótica educativa o pedagógica es aquella que se usa para educar estudiantes de cualquier edad, desde Educación Infantil (Stoeckelmayr, Tesar y Hofmann 2011) hasta grado o posgrado universitario. La robótica trabaja la integración de contenidos de diferentes materias, en primera instancia la programación y el pensamiento lógico y en diferentes niveles mecánica, matemáticas, electricidad y electrónica, aunque se pueden extender a otras ramas de conocimiento según las aplicaciones.

### 2.1. Robótica educativa en Educación Secundaria

Ruiz-Velasco, García y Rocas definen la robótica educativa “como una disciplina que permite concebir, diseñar y desarrollar robots educativos para que los estudiantes se inicien desde muy jóvenes en el estudio de las ciencias y la tecnología” (2008, p.2). Pero no se limita a esto, sino que además conlleva interdisciplinaridad: “La robótica pedagógica se ha desarrollado como una perspectiva de acercamiento a la solución de problemas derivados de distintas áreas del conocimiento como las matemáticas, las ciencias naturales y experimentales, la tecnología y las ciencias de la información y comunicación entre otras” (2008, p.2).

Páez y Pachón (2010) indican como, mediante la programación de robots, los alumnos aprenden a trabajar de forma cooperativa, creando respuestas para resolver problemas básicos de la vida cotidiana y entendiendo como funcionan los fenómenos que permiten al robot interactuar. Lui y Lin (2010) destacan la importancia del ambiente de enseñanza, los contenidos y las metodologías colaborativas. Estos autores aprecian como el aprendizaje cooperativo de robótica mejora la interacción entre los alumnos, mejora la atención y ayuda a asumir roles y tareas.

La robótica genera una atracción general en el alumnado, resultando muy llamativa (Blank, Kumar, Marshall y Meeden, 2007; Petrovic y Balogh, 2008). Esto supone motivación intrínseca hacia esta disciplina. Estudios en Educación Infantil demuestran como el hecho de montar y programar sus propios robots crea un vínculo mayor con estos y con la materia (Stoeckelmayr et al. 2011).

Stoeckelmayr et al. (2011) concluyen también que, aunque los alumnos sí se divierten, a edades tan tempranas no aprenden tantos contenidos como en Educación Secundaria.

Diferentes autores coinciden en la división de la introducción a la robótica educativa en al menos dos etapas (Denis y Hubert, 2001; Páez y Pachón, 2010; Petrovic y Balogh 2008). La primera, de introducción en la que se enseñan los diferentes sistemas lógicos, mecánicos, electrónicos y eléctricos. La segunda, mas activa, de diseño de algoritmos para resolver problemas de la vida cotidiana. El alumnado trabaja contenidos nuevos a la vez que los relaciona con otros conocimientos previos, combinando diferentes disciplinas. Páez y Pachón (2010) y Petrovic y Balogh (2010) en su experiencia con los robots de LEGO utilizan una metodología incremental, comenzando por la introducción de conceptos básicos, construir modelos sencillos, construir robots con varios componentes y finalmente construir robots para solucionar problemas de la vida cotidiana.

Denis y Hubert (2001) identifican 4 ventajas clave en la educación con robots, como permitir conocer el mundo industrial, permitir crear nuevos proyectos, facilitar la experimentación y ayudar a desarrollar las habilidades de programación. Además, defienden el desarrollo de cuatro competencias, de motivación por al aprendizaje, de desarrollo de los procesos metacognitivos, de manejo de búsqueda e información y las relacionadas con la materia concreta de programación, mecánica y electrónica. Petrovic y Balogh (2010) resaltan entre las ventajas la interdisciplinariedad, la atracción general hacia los robots, su presencia cotidiana y el trabajar desde un contexto constructivista.

La robótica pedagógica permite trabajar en conjunto los seis paradigmas del aprendizaje enunciados por Leclercq y Denis (1998), que son exploración, práctica, imitación, recepción, experimentación y creación. Favorece el aprendizaje inductivo y por descubrimiento guiado, observando y analizando el resultado de su programación y estableciendo reglas relacionales (Ruiz-Velasco et al., 1998). Ruiz-Velasco et al (1998) identifican nueve bondades cognoscitivas de la robótica pedagógica:

1. Integración de diferentes áreas de conocimiento.

2. Permitir abstracción en problemas y desarrollo de estrategias de resolución de los mismos.
3. Uso de diferentes lenguajes: natural, matemático, gráfico.
4. Operar con diferentes variables a la vez y ver el efecto entre ellas.
5. Desarrollo del pensamiento lógico, sistémico y sistemático
6. Desarrollo de nuevas estrategias de aprendizaje al permitir interactuar y modificar, no siendo un sujeto pasivo.
7. Nuevos entornos de aprendizaje donde se puede corroborar y demostrar en el momento el acierto o error del alumno.
8. Aprendizaje del proceso científico.
9. Ambiente de trabajo lúdico y experimental.

Bargagna et al. (2018) concluyen tras un estudio con alunando con síndrome de Down y el robot Bee-bot (TTS, 2020), que el uso de programación mejora las capacidades cognitivas relacionadas con la planificación, mejor tolerancia a la frustración y colaboración. Pero también indica que requieren de continuidad en las sesiones y necesitan familiarizarse con este tipo de actividades gradualmente.

Por último, la robótica promueve el espíritu emprendedor permitiendo crear elementos, predecir acciones y asumir riesgos. En el mundo ha crecido en los últimos años la comunidad “Maker” y la filosofía “Do It Yourself”, que en castellano se traducen como hazlo tú mismo o tú misma (Bliksteiny Krannich, 2013; Halverson y Sheridan, 2014; Papavlasopoulou, Giannakos, y Jaccheri, 2017). Estas comunidades están enfocadas en el desarrollo de sistemas robóticos, electrónicos, de impresión 3D u otros, reuniendo desde estudiantes de primaria hasta fundadores de empresas de base tecnológica. Esta comunidad está muy orientada a formar a nuevos participantes y en especial los más jóvenes (Hamidi et al., 2017), compartiendo material, diseños, creando grupos de trabajo etc., Fruto de esta filosofía, este movimiento ha dado lugar a la fundación de múltiples empresas en todo el mundo. Algunas iniciativas permiten desarrollar nuevas soluciones a problemas del mundo, como la impresión 3D de manos protésicas construidas por y para niños de todo el mundo (E-nable, 2020; Hand challenge 2020). Este tipo de iniciativas se ha convertido en una necesidad

real del mundo profesional y las empresas tecnológicas, que requieren gente formada en competencias tecnológicas y de trabajo colaborativo, multidisciplinar y en constante evolución (Gander et al., 2013; Kroes y Vassiliou, 2014).

## 2.2. Plataformas utilizadas en robótica

La plataforma de desarrollo Arduino (Arduino, 2020) lleva años liderando en campo del desarrollo en microelectrónica para aplicaciones de aficionados y semiprofesionales, entre otros campos en robótica. Esta plataforma y otras basadas en microcontroladores como Picaxe (Revolution Education Ltd., 2020), aportan una gran versatilidad, pero exigen conocer no solo los fundamentos de programación sino también conceptos de electrónica como polarización de los sensores y actuadores, tipos de señales digitales o analógicas, protocolos de comunicación, etc. Los proyectos de robótica basados en este tipo de plataformas requieren una comunidad de desarrollo detrás o un profesorado cualificado y motivado para acercar el contenido desde esa complejidad al nivel del alumnado de la ESO.

Otras plataformas como la placa de desarrollo Microbit (Microbit Educational Foundation, 2020) ofrece una gama menor de posibilidades, pero resultan adecuadas para el alumnado de Secundaria, proporcionando entornos de programación sencilla con bloques en lugar de comandos de texto. Esta y otras plataformas se basan en la programación por bloques popularizada por el lenguaje de programación Scratch (Massachusetts Institute of Technology, 2020), que sin necesidad de escribir código permite comprender y programar, desarrollando el pensamiento lógico. La web de ArduinoBlocks (López, 2020) ha aplicado este tipo de programación por bloques facilitando el uso de Arduino en la educación del alumnado más joven.

En la actualidad hay multitud de plataformas más cerradas, pero también más fáciles de usar para enseñar y aprender robótica en Educación Primaria y Educación Secundaria. Una de las más conocidas es la de LEGO, que ya en 1998 lanzó al mercado la línea de robots educativos Mindstorms (LEGO, 2020a). En la actualidad esta marca presenta una gama muy amplia enfocada a

diferentes edades, con las familias de juguetes robóticos Boost, Wedo, Spike incluso la gama Coding Express, que enseña los fundamentos lógicos de programación a partir de 2 años.

La marca española BQ ofrece una línea de robótica enfocada en la educación y diferentes soluciones: ZUM, basada en Arduino y enfocado a la Secundaria y Zowi, enfocado en Primaria. En su portal dedicado a la educación, BQ DIWO (BQ, 2020), ofrece cursos y otras soluciones para la docencia con estas plataformas.

En definitiva, los aquí mencionados son unos pocos representantes de la amplia y creciente gama de robots educativos tanto de hardware y software libre como propietario.

### 2.3. Comunidad en torno a la robótica educativa

A nivel nacional e internacional se organizan diversas competiciones y eventos en torno a la robótica educativa. Estos eventos generalmente son espacios para poner en contacto a la comunidad educativa y compartir conocimientos y experiencias en un ambiente donde reina la robótica y la filosofía multidisciplinar STEM. La propia competición en estos espacios toma un papel secundario, donde en general aporta al alumnado el objetivo de construir un robot, pero prima el poder exhibir su trabajo y ver el trabajo de los demás.

En España es muy conocida la RobolotCon (Robolot, 2020), que se organiza anualmente en Cataluña, en el pueblo de Olot. En esta convención se organizan diferentes programas de intercambio, talleres y concursos. Los concursos permiten enseñar los últimos trabajos y avances de los estudiantes, mientras que los talleres y conferencias están enfocados a facilitar el acceso de la comunidad educativa a las novedades en programación, impresión 3D, robótica y otras.

Una de las competiciones más conocidas de robótica educativa es la Open RoboCup Junior Spain (RoboCupJunior Spain, 2020), en la que participan alumnos de entre 13 y 19 años de decenas de centros educativos españoles en diferentes competiciones de robótica. Esta liga es la versión junior, con un

enfoque más educativo, de la liga Robocup (Robocup Federation, 2020) y ambas cuentan con sus versiones internacionales.

Hay otras ligas específicas de robots LEGO a nivel mundial, entre las que se destacan *First LEGO League* (Hands on Technology e.V., 2020), que se centra en crear robots para dar soluciones a problemas del mundo real y la competición del *World Robot Olympiad* (World Robot Olympiad Association, 2020), que establece un montaje preestablecido del robot con pequeñas modificaciones para competir con el modelo estándar. Otras ligas como la liga de sumo Sugobot (GEARSinc, 2020) proporcionan material educativo con su propio software, códigos y prácticas.

En Cantabria, el concurso-exhibición de robótica escolar Catabrobots (Catabrobots, 2020) es el principal evento anual en el campo de la robótica educativa. En este evento se encuentran gran parte de los profesores y estudiantes de robótica de la comunidad autónoma, compartiendo sus proyectos, material, opiniones, experiencias, etc. Se realiza una competición por centros en los que compiten en batallas de robots (minisumos) y carreras de velocidad de robots siguelíneas en las categorías de ESO y Bachillerato. La normativa de estas competiciones es que los robots han de ser de elaboración propia y programados en base a placas de hardware libre, como Arduino, Picaxe, Microbit o compatibles. La construcción de este tipo de robots es compleja y requiere conocimientos de programación y electrónica. Por este motivo resulta complicado utilizar estos recursos para centros que no cuentan con herramientas o aulas preparadas y también requiere un gran esfuerzo por parte de los docentes.

Para ayudar a los docentes a avanzar en el campo de la robótica educativa surge el Proyecto CantabRobots 3.0 (2020), un grupo de trabajo creado con apoyo de la Consejería de Educación de Cantabria para generar y compartir material educativo en el área de tecnología, principalmente en programación, electrónica, robótica e impresión 3D. La filosofía de este grupo de trabajo es crear material de uso libre, con herramientas también de uso libre. En robótica proponen el uso de Arduino y Picaxe como microcontroladores para el control de los robots.



En este mismo sentido la plataforma STEAMCantabria (STEAMCantabria, 2020) proporciona material educativo como prácticas y proyectos en Arduino a disposición de la comunidad. Utilizan el software de programación por bloques en la web de ArduinoBlocks (López, 2020) que facilita la programación de alumnado más joven sin escribir código.

### 3. Contexto en el IES La Albericia

El IES La Albericia se sitúa en el barrio del mismo nombre, en la ciudad de Santander. El corazón de la zona es el Complejo Deportivo Municipal, que cuenta con instalaciones utilizadas por las Escuelas Deportivas municipales para la práctica de múltiples deportes. Un gran número de alumnos y alumnas del centro participa en estas escuelas dirigidas y sufragadas por el Ayuntamiento, siendo junto con el propio centro educativo elementos troncales en la educación de los jóvenes de la zona.

El barrio de La Albericia es un barrio residencial de nivel adquisitivo medio o bajo. Gran parte del alumnado del centro proviene del propio barrio y alrededores, perteneciendo a familias de nivel socioeconómico y educativo bajo. El centro cuenta además con un importante número de alumnos perteneciente a etnias minoritarias y aproximadamente un 10% de alumnado de otras nacionalidades (IES La Albericia, 2019d). También hay alumnado proveniente de zonas residenciales de otros municipios cercanos con un mayor nivel socioeconómico, lo que hace que el alumnado del centro sea muy heterogéneo en cuanto a sus realidades sociales, recursos, etapa previa en Educación Primaria y sus perspectivas académicas y profesionales futuras.

En el centro se imparten Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional Básica, de Grado Medio y de Grado Superior en tres familias: Carpintería, mueble y corcho, Artes gráficas y Actividades físicas y deportivas. (IES La Albericia, 2020). El total de alumnos y alumnas matriculados en el centro es de 754 (IES La Albericia, 2019d). La oferta educativa del centro cuenta en especial con cursos de PMAR, Compensatoria y Formación Profesional Básica, todos ellos utilizados como herramientas para ayudar a la permanencia en el sistema educativo al menos hasta cumplir la edad de escolarización obligatoria. Esto impregna la cultura de centro, donde se aprecia una especial preocupación por dar a todo el alumnado las herramientas para su desarrollo académico y personal. Esto se hace patente en acciones como actividades gratuitas de refuerzo en el centro, programas de integración de minorías étnicas, de lucha contra la violencia de género, etc. La implantación de

un Programa Bilingüe en este centro se ha hecho teniendo en cuenta las características del alumnado y procurando que se beneficie el mayor número de alumnos. Este programa no requiere un alto rendimiento académico para su permanencia, siempre que se entienda que el idioma no supone un impedimento. El profesorado del centro es plenamente consciente de las características de su alumnado y propone planes y medidas como, en lo concerniente a este trabajo, los 2 proyectos Erasmus+ en robótica y medio ambiente gestionados desde el departamento de Tecnología con el objetivo de dar al alumnado la posibilidad de viajar a diferentes países de Europa y conocer alumnos de estos países y sus culturas.

### 3.1. Departamento de Tecnología

El departamento de Tecnología está formado por 4 profesores y profesoras. (IES La Albericia, 2019c). Se encarga de impartir las asignaturas de Tecnología en ESO y Tecnología Industrial I y II en Bachillerato, Tecnologías de la Información y Comunicación e Imagen y Sonido. En 2º y 3º de ESO se imparte la asignatura de Tecnología en castellano en los cursos ordinarios y en inglés en los grupos bilingües, cumpliendo un mismo currículo pero utilizando el inglés como lengua vehicular exclusiva.

La metodología que sigue el profesorado del departamento es muy similar, utilizando de igual manera las TIC de forma cotidiana en el aula y metodologías activas como el trabajo en grupos y la introducción a la metodología de trabajo orientada a proyectos, esta en diferentes niveles de complejidad en función del curso. La organización en las asignaturas de Tecnología en ESO y Bachillerato es similar, dedicando generalmente un día semanal a teoría y ejercicios, un día a trabajar manualidades en el taller y un día a programación con Microbit o Arduino en los diferentes cursos. Esta coordinación entre los miembros del departamento aporta estabilidad y coherencia en toda la Educación Secundaria, permitiendo añadir elementos innovadores sin perturbar el desarrollo de las materias.

### 3.2. Curso de 2º de ESO bilingüe

El alumnado de 2º de ESO tiene asignados sus grupos de referencia independientemente de si cursan la opción bilingüe o no. En las Disciplinas No Lingüísticas (DNL) e inglés se dividen los grupos, juntándose el alumnado bilingüe en una asignatura impartida en inglés y el alumnado no bilingüe en una asignatura en castellano. En el caso de Tecnología, se junta el alumnado bilingüe de dos grupos de la ESO, haciendo un total de 16 alumnos y alumnas. Igualmente, en otras sesiones se junta el alumnado ordinario restante de estos dos grupos (20 alumnos y alumnas) para cursar esta asignatura en castellano.

En la asignatura de Tecnología se estudia el bloque de programación a lo largo de todo el curso. Esto facilita el desarrollo gradual de las capacidades y destrezas del alumnado en esta unidad y su asimilación más completa. Esta forma de abordar el bloque ayuda al alumnado a integrar estos conocimientos, obteniendo una mejor formación en habilidades y competencias de cara a sus próximos estudios y profesiones tecnológicas, como ciencias o ingeniería, donde las TIC y la informática tienen una gran relevancia. La plataforma de programación que utilizan en este curso es Microbit (Microbit Educational Foundation, 2020): una placa basada en un microcontrolador, enfocada a la docencia de programación y con un alto recorrido en todo el mundo. Esta placa se programa en un entorno web gestionado por Microsoft (Microsoft, 2020a) y utiliza una interfaz gráfica de programación por bloques en lugar de editor de texto, enfocado a facilitar el aprendizaje de alumnado de diferentes edades.

### 3.3. Características del programa bilingüe en el IES La Albericia

En el IES La Albericia hay implantado un programa bilingüe en inglés-español de 1º a 4º de ESO (IES La Albericia, 2019a). Este programa está regulado por la Orden ECD/123/2013, de 18 de noviembre, que regula los programas de educación bilingüe en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Cantabria (2013). Esta orden establece entre sus objetivos reforzar la competencia comunicativa en lengua extranjera utilizándola como lengua vehicular en diferentes materias. Se fomenta la innovación en este sentido y la

movilidad de profesores. Se pretende de esta manera fomentar una cultura de centro bilingüe que implique a toda la comunidad educativa. Son relevantes en esta normativa además como principios pedagógicos el uso de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) y de los principios metodológicos del Aprendizaje Integrado de Contenidos en Lengua Extranjera (AICLE, *en inglés Content and Language Integrated Learning, CLIL*). Esta metodología trata de mejorar las destrezas en la lengua extranjera a través de la inmersión lingüística, principalmente usando el inglés como lengua vehicular, trabajando los contenidos, conocimiento de la cultura y desarrollo de competencias transversales (Coyle, 2008). En la etapa de Educación Secundaria Obligatoria se contempla la adquisición de un nivel de competencia en la lengua extranjera de entre un A2 y un B1 evaluándose según los niveles del Marco Común Europeo de Referencia para las Lenguas (Council of Europe, 2020) y al Portafolio europeo de las lenguas (SEPIE, 2020).

El hecho de implantar este programa no supone un aumento de grupos ni de profesores, por lo ha de hacerse con los recursos disponibles y con profesorado que acredite un nivel B2 en inglés. Según la legislación, son los centros los que determinan las materias que se impartirán en la lengua extranjera y si lo hacen íntegramente o de forma parcial. La implantación en este centro tiene el objetivo de que los estudiantes adquieran una competencia de nivel B1 en inglés al terminar la ESO, haciendo el examen en la Escuela Oficial de Idiomas. Además, se plantean otros beneficios clave para mejorar el proceso de aprendizaje del alumnado: conocer otras lenguas y culturas, mejorar habilidades y destrezas más allá de las académicas, mejorar la coordinación y comunicación, facilitar la proyección de algunas asignaturas, sobre todo las técnicas, que tienen mucha terminología extranjera, y favorecer el sentimiento de ciudadanía europea, el trabajo en equipo y el respeto por las diferencias.

En cuanto a las características de esta implantación, se realiza un examen a los nuevos estudiantes antes de empezar la ESO que requiere un nivel mínimo no muy exigente. Este programa es flexible, permitiendo que el alumnado entre o salga de esta modalidad según sus necesidades y su desempeño, no siendo un requisito la nota media. Se asignan 2 grupos bilingües en cada curso de la ESO,

que impartirán 2 asignaturas DNL íntegramente en inglés. En el presente curso escolar hay 120 alumnos y alumnas matriculados en este plan en la etapa de la ESO (IES La Albericia, 2019d). El grupo de profesorado que coordina este plan también utiliza el inglés como lengua vehicular en sus reuniones y en las herramientas de evaluación. Las DNL en 1º de ESO son Educación Física y Educación Plástica, Visual y Audiovisual. En 2º de ESO Física y Química y Tecnología. En 3º de ESO Educación Plástica, Visual y Audiovisual y Tecnología. Y en 4º de ESO Educación Física y bien TIC o Biología. Se puede observar como Tecnología se imparte en inglés en 2º y 3º de ESO, lo que da cierta continuidad al aprendizaje de esta asignatura en esta lengua.

### 3.3.1. Séptima hora y asambleas

La Orden ECD/123/2013, de 18 de noviembre, que regula los programas de educación bilingüe en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Cantabria (2013) establece que se ha de incrementar el horario escolar en dos sesiones lectivas semanales. Esto es lo que en el IES La Albericia se llama coloquialmente “la séptima hora”, ya que se da a continuación de la última hora del horario escolar, la sexta hora, tras un pequeño descanso. Estas sesiones tienen lugar los martes y jueves, terminando a las 15:20.

Trimestralmente se realiza una asamblea del plan bilingüe en una de estas sesiones. En esta asamblea los grupos se alternan para presentar la actividad que han estado realizando durante el trimestre en la séptima hora ante el resto de alumnos del plan bilingüe y los profesores. Es un ambiente festivo en el cual cada grupo sube al escenario y realiza la exposición, demostración, obra de teatro u otras actividades (Figura 1). Generalmente se centran en actividades organizadas en base a valores como la ecología, la salud, la igualdad, etc.



Figura 1. Fotografías de diferentes actividades tomadas en asambleas en diferentes años. Imágenes reproducidas con permiso del IES La Albericia.

El propósito de las sesiones de séptima hora y las asambleas es aprovechar para trabajar otras competencias extracurriculares. Se pueden destacar las siguientes finalidades:

1. Introducir actividades que fomenten trabajar la imaginación y la originalidad.
2. Trabajar actividades extracurriculares más lúdicas sin la presión de cubrir el currículo en tiempo.
3. Aumentar el vocabulario en inglés más funcional, en áreas no académicas.
4. Mejorar la comunicación oral del alumnado.
5. Adquirir destreza para hablar en público.

En la última asamblea del curso asisten los padres y madres a ver a sus hijos e hijas representar sus actividades. Es una forma de hacerlos más partícipes en la vida del centro y la educación de sus hijos, viendo como estos se desenvuelven en inglés en un ambiente más lúdico que durante el horario puramente escolar.

### 3.4. Proyecto Erasmus+

El departamento de Tecnología del IES La Albercicia participa en un proyecto Erasmus+ de la convocatoria KA229: Asociaciones de intercambio escolar, 2019 (European Commission, 2020; IES La Albercicia, 2019c), enfocada a la movilidad escolar y establecer redes entre alumnos y profesores para compartir ideas, prácticas y métodos de enseñanza.

Este proyecto se enfoca en la docencia de robótica en el primer ciclo de la ESO y lleva como título *Robots to collaborate, communicate and share: languages to understand each other* (Robots para colaborar, comunicar y compartir: lenguajes para entenderse, referencia 2019-1-FR01-KA229-062137\_4) (IES La Albercicia, 2019e). En este proyecto colaboran con centros de Educación Secundaria de Francia, Grecia, Hungría, Polonia y República Checa. Los objetivos esenciales son iniciar al alumnado en el uso de la robótica y la colaboración entre centros de enseñanza europeos. Se aprovecha así la oportunidad no solo de trabajar en contenidos de robótica y programación, sino en competencias y habilidades transversales enfocadas a educar ciudadanos europeos para una sociedad que se sirve de herramientas cada vez más automatizadas.

El proyecto proporciona una financiación destinada a adquirir equipos para la docencia de robótica y para el intercambio de alumnos en diferentes periodos entre los centros participantes. La plataforma elegida por el consorcio de miembros del proyecto es la plataforma LEGO Mindstorms EV3, por diferentes motivos entre los que destaca principalmente el compromiso entre facilidad de uso y posibilidades de la plataforma enfocada a alumnado de diferentes edades. Los periodos de intercambio se utilizan para trabajar en actividades relacionadas con la robótica, aprovechando para visitar otros centros educativos europeos y poder así conocer diferentes formas de aprender y enseñar en Europa. Se trabajan actividades comunicativas y siempre en inglés, que será la lengua vehicular para comunicarse entre el profesorado y el alumnado de las diferentes nacionalidades. Aprovechando la estancia en otros centros también se realizan actividades de tipo cultural.

Este tipo de proyectos tiene múltiples beneficios para la red de centros que participa. Para el alumnado los más visibles son trabajar las competencias



lingüísticas en inglés, creatividad, resolución de problemas y aprender fundamentos de robótica y programación. También supone una oportunidad excepcional para que el alumnado pueda conocer otras culturas, otras formas de ver y vivir la educación. Esto mejorará las capacidades de emprendimiento, de conciencia europea y de colaboración. A su vez pretende concienciar a los estudiantes de su capacidad para participar de forma activa en un futuro tecnológico en el que se abren múltiples posibilidades y les permite ver desde otra perspectiva como pueden desarrollar habilidades profesionales relacionadas con la tecnología y el avance tecnológico en la sociedad europea. Se realizan actividades de diferentes tipos como visitas a empresas, charlas dadas por emprendedores del campo de la robótica y la tecnología, simulación de formación de empresas, construcción de robots y otras. Se promueven las actividades multidisciplinarias típicas del concepto STEM, impulsando la creatividad y la proyección profesional.

El principal beneficio para los docentes es el de reforzar sus metodologías educativas, centradas en el desarrollo de metodologías colaborativas. Este proyecto supone una oportunidad de observar y poner en común diferentes estilos educativos, metodologías y en general sistemas educativos. A la par, se mejoran las habilidades lingüísticas y se fomenta la participación e intercambios de diferentes tipos entre docentes y centros.

Una de las principales ventajas a largo plazo para el profesorado es adquirir experiencia en la participación en este tipo de convocatorias, lo que facilita concurrir en ocasiones futuras. Esto beneficia a la calidad de la enseñanza proporcionada a alumnos futuros y abre el abanico de posibilidades. Tanto el profesorado como el alumnado verán mejorado su uso de las TIC, lo que se trasladará a la docencia y el uso de estas de forma cotidiana en el aula. La apertura a conocer otras prácticas educativas en diferentes países abre las posibilidades y facilita la autocrítica de los docentes. Esto al final repercutirá en la calidad de la educación de las ciencias, matemáticas y tecnología, a la par que la capacidad de trabajo en equipo, colaboración y civismo: si el profesorado del centro colabora con profesores y centros de otros países, esto suponen un

extraordinario ejemplo de trabajo en equipo para el alumnado, que tiene también la oportunidad de participar con alumnado de otros países.

## 4. Introducción a la Robótica con LEGO Mindstorms EV3

La plataforma elegida por el consorcio de participantes del proyecto Erasmus+ es la plataforma LEGO Mindstorms EV3 (LEGO, 2020g), por lo que será la utilizada en esta propuesta didáctica. Esta plataforma presenta un coste inicial elevado frente a otras alternativas, pero presenta una variedad de componentes modulares ya incluidos directamente compatibles. Esto facilita su uso por alumnos sin experiencia en electrónica de forma segura y obteniendo resultados desde la primera sesión. El hecho de que no requiera componentes extra ni herramientas o espacios específicos facilita el uso por parte de instituciones que no tienen esos recursos. Además, la experiencia en electrónica exigida de cara a los docentes es reducida, al contrario que otras plataformas en las que se requieren conocimientos avanzados de esta disciplina y de programación, modificación de firmware, protocolos de comunicación etc.

La versión EV3 lanzada en el año 2013 es la tercera generación de la gama de robótica Mindstorms, iniciada en 1998 por el conocido fabricante de juguetes LEGO (LEGO, 2020a). En esta propuesta se trabaja con el kit de educación llamado LEGO Mindstorms EV3 Education. Este juego se compone de un procesador central con pantalla, botones y conexiones, 2 motores grandes para colocar ruedas, 4 tipos de sensores (de presión, de color, de ultrasonidos y giróscopo), ruedas y una variedad de piezas para construir la estructura (Figura 2).



Figura 2. Juego de LEGO Mindstorms EV3 Education. Fuente: LEGO, 2020g.

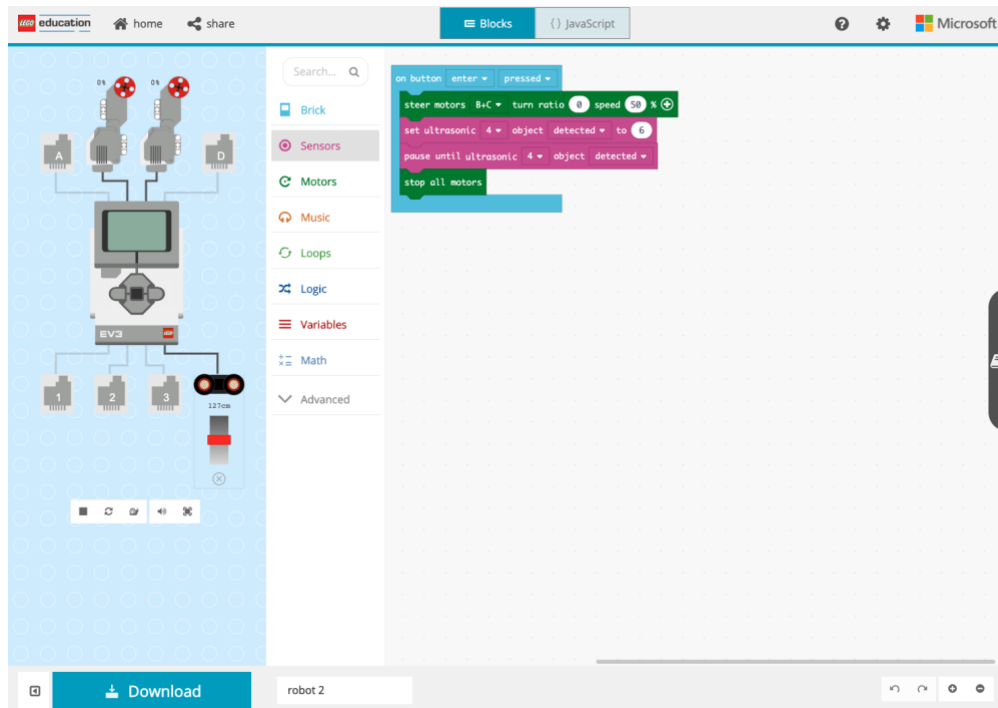
La plataforma EV3 presenta muchas similitudes con la plataforma anterior, NXT del año 2006, pero la versión antigua no permite utilizar el entorno de programación en la web de Makecode debido a diferencias de firmware. En cualquier caso, si se dispone de la generación NXT se puede utilizar en el aula de igual forma pero programando con el entorno propio de la marca que es el mismo para ambas generaciones. Si se usan ambas plataformas en paralelo hay que tener en cuenta la compatibilidad de las piezas. En general, la generación EV3 puede utilizar los elementos sensores y actuadores de la generación anterior y la generación NXT solo puede utilizar los motores y el software de programación de la generación moderna. Se recomienda acceder a la página de preguntas frecuentes del fabricante (LEGO, 2020f) y el blog de Robotsquare (2016) para aclaraciones de compatibilidades.

#### 4.1. Entorno de programación

El fabricante ha desarrollado su propio entorno de programación para estos robots, LEGO Mindstorms EV3 Education Edition, descargable desde la página de descargas (LEGO, 2020c). Existen dos versiones: la versión EV3 Lab para ordenador, ya sea Windows o MacOS (no hay versión para Linux), y la versión

EV3 Programming para Android, Chromebook e iOS. Con la versión de Windows 10 para ordenador ha resultado una buena compatibilidad en este trabajo. Estos robots contemplan opciones mas avanzadas que no se estudiaran aquí pero que abren las oportunidades de continuar en Bachillerato o FP como programación en MicroPython mediante una API, códigos de ejemplo y una extensión para programar en el entorno de uso profesional Visual Studio (LEGO, 2020i).

Además del software del fabricante se puede utilizar el portal Makecode de Microsoft específico para Mindstorms EV3 (Microsoft, 2020b), que permite programar para esta plataforma también con diagramas de bloques desde el explorador de internet del ordenador. Trabajar en la plataforma Makecode tiene varias ventajas frente al software del fabricante. La primera ventaja es la simplicidad de la herramienta y los diseños de los bloques de las funciones. En la Figura 3 se pueden observar dos imágenes del mismo código programado en ambas plataformas, apreciándose diagramas más sencillos en la plataforma de Makecode. Además, la plataforma de Makecode incluye a la izquierda de la pantalla un simulador que permite ver en el momento como actuará el robot una vez programado, lo que evita tener que estar continuamente cargando los códigos en este para probar si se han hecho bien las tareas.



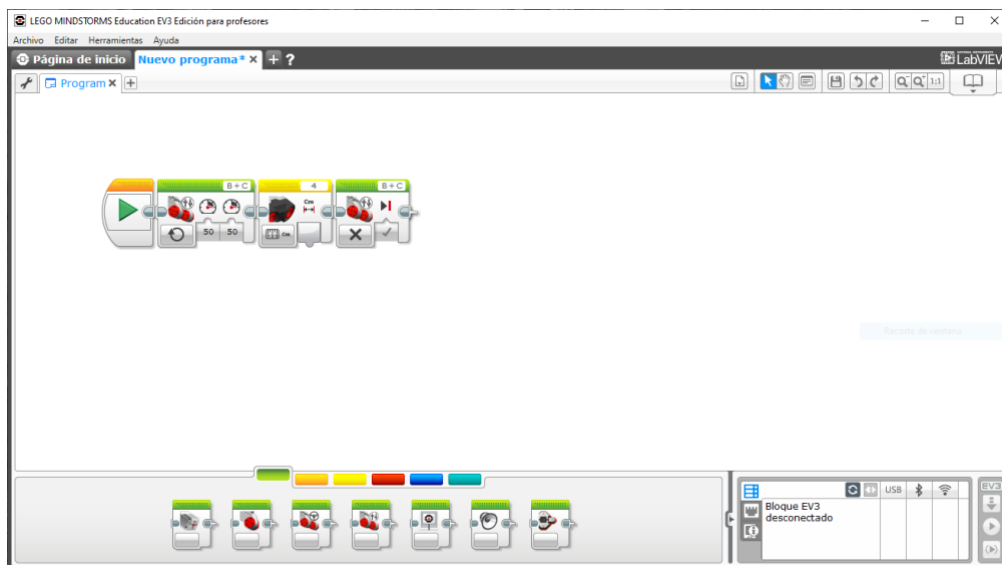


Figura 3. Superior: entorno de programación de Makecode.org. Inferior: Entorno de programación del software de LEGO. En ambos casos se ha programado el mismo algoritmo. Elaboración propia.

Otra ventaja es que no es necesario descargar e instalar ningún programa, por lo que el alumnado puede practicar en cualquier ordenador o dispositivo con acceso a internet. Por último, el entorno de programación de Makecode es el mismo que el alumnado de 2º de ESO del IES La Albericia está habituado a utilizar para programar en las prácticas de programación con Microbit. Esto agiliza el paso de la plataforma de programación a la plataforma de robótica y evita que el alumnado se vea abrumado por un nuevo software.

## 4.2. Material didáctico

En cuanto a la docencia, el fabricante presenta diferentes tutoriales y propuestas didácticas en su portal de educación (LEGO, 2020e). En este presentan diferentes prácticas organizadas en lecciones, como ingeniería, laboratorio de robótica o aeroespacial, en las que proponen diferentes ejercicios agrupados por temas. También suministran modelos de montajes básicos para diferentes proyectos (LEGO, 2020b) (Figura 4).

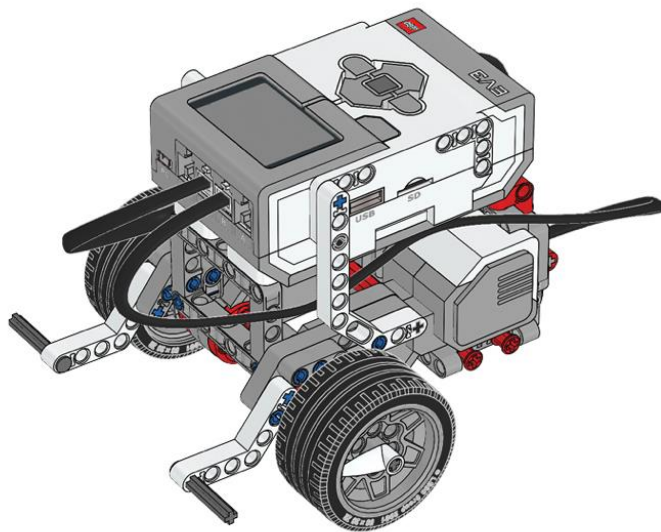


Figura 4. Propuesta de robot básico. Fuente: LEGO, 2020b.

Para la elaboración de este documento y de las prácticas mostradas en el anexo se ha tomado como referencia los tutoriales y ejemplos del portal de educación del fabricante (LEGO, 2020d), el material de trabajo para profesores (LEGO, 2020h), la plataforma de desarrollo de Makecode (Microsoft, 2020c) y la web de EV3lessons (EV3lessons, 2020), que proporciona mucho material de trabajo y ejemplos para elaborar con el software del fabricante. También se ha utilizado material de la web de algunos distribuidores de esta marca en España (Robotix, 2020) y de la web TechEngineering de la Universidad de Colorado Boulder (2020).

## 5. Propuesta didáctica: introducción a la robótica en 2º ESO con LEGO Mindstorms Education EV3

Esta propuesta didáctica se plantea como una actividad extracurricular a desarrollar en la séptima hora del plan bilingüe. Esto implica que su función no es la de avanzar en el currículo, sino trabajar en actividades que permitan al alumnado, entre otras cosas, centrarse en actividades constructivas que permitan dar un uso funcional al inglés más allá de su uso académico.

En cualquier caso, para contextualizar el nivel de dificultad de acuerdo con su etapa formativa se analiza esta propuesta en base al currículo de Tecnología de 2º de ESO, indicando en el decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria (2015). Puesto que la parte curricular queda cubierta en la asignatura de Tecnología, aquí se trabaja más la formación en competencias. El uso de la robótica servirá, primero, para desarrollar destrezas en este campo y segundo, para facilitar la interactividad complementaria a la actividad de programación, programando robots.

### 5.1. Actividades

Las actividades propuestas están divididas en tres fases. Se han añadido como anexo los guiones elaborados para trabajar cada una de estas. Antes de comenzar es conveniente que el profesorado lea la práctica 0 del anexo para comprobar que todo funcionará correctamente en la primera sesión con alumnado.

#### Fase 1. Prácticas guionizadas

Se realizarán de forma individual unas prácticas guionizadas que permitirán al alumnado adquirir unos conocimientos y destrezas básicos en robótica con el kit LEGO Mindstorms (LEGO, 2020g) y el entorno de programación Makecode (Microsoft 2020c). Se dividen en las prácticas 1 a 4 (ver anexo) que permiten estudiar los diferentes elementos en la plataforma LEGO: unidad central, motores, sensores de presión, de color,



de ultrasonidos y giróscopo. Al comienzo de la primera sesión se repasará el vocabulario específico propuesto en el anexo.

### Fase 2. Escudería de carreras

En la práctica 5 (ver anexo) se proponen el guion para esta fase, en la que se trata de formar en grupos diferentes equipos de carreras (*Racing Teams*), donde deberán elaborar un robot siguelíneas con los conocimientos adquiridos en las prácticas anteriores. Deberán crear un nombre, escudo y bandera de su escudería para decorar su robot. La práctica da unas indicaciones básicas, pero no está pautada como las anteriores, dejando libertad al alumnado para desarrollar sus proyectos. Los grupos de trabajo serán heterogéneos en cuanto a rendimiento académico y género.

### Fase 3. Asamblea

La última fase consiste en mostrar la actividad en la asamblea trimestral y la preparación previa de esta presentación. El tiempo de que disponen en la asamblea será de unos 15 minutos de duración. Los grupos ya tendrán preparados sus robots en la fase 2, así que en las sesiones previas a la asamblea toda la clase en conjunto debe preparar un guion para la presentación y ensayar. En primer lugar, deben explicar los conceptos más básicos de robótica y como han hecho sus robots. Después harán una pequeña competición entre los equipos formados con sus respectivos robots siguelíneas en un circuito. La última asamblea trimestral es especial porque a ella asisten también los padres. En la competición se alentará al público a que anime a los diferentes equipos ya que se trata de una competición amistosa donde prima más la exhibición de los robots que la propia competición.

## **5.2. Ubicación**

Se ha planteado esta propuesta como una primera aproximación a la robótica, por lo que el alumnado no requiere conocimientos previos en este ámbito. Es

conveniente que sí tengan conocimientos de programación, que se habrá impartido en las clases de Tecnología. En el IES La Albericia se imparte programación en Tecnología de 2º de ESO a lo largo de todo el curso con la plataforma Microbit (Microbit Educational Foundation, 2020), por lo que se debe impartir esta propuesta didáctica de programación en la última evaluación para aprovechar estos conocimientos previos. Además, sería conveniente haber estudiado los conceptos previos de estructuras y mecanismos, ya que de esta forma pueden aplicar los contenidos vistos en este bloque a la construcción de los robots. La extensión de esta propuesta será de una evaluación completa, orientado a la asamblea trimestrales y se impartirán dos sesiones a la semana en las séptimas horas del plan bilingüe. El final de las actividades coincidirá con la última asamblea del curso.

### 5.3. Materiales y recursos didácticos

El material necesario para realizar esta propuesta consiste en un kit de LEGO Mindstorms Education EV3 y al menos un ordenador por cada equipo. Durante la fase de trabajo individual es conveniente contar con un ordenador por alumno, accediendo a los robots en turnos para probar las prácticas programadas. En el IES La Albericia hay en la actualidad tres de estos equipos, por lo que se podrán formar tres grupos de cara a la práctica final. No se requieren herramientas o espacios especiales para esta actividad.

El material elaborado en la presente propuesta se encuentra en el anexo y se compone de los siguientes elementos:

1. Vocabulario básico de robótica en inglés.
2. Práctica 0, de preparación para el profesor para asegurarse que la plataforma de trabajo está en condiciones de ser utilizada por el alumnado.
3. Prácticas 1 a 4, con guiones planificados para que el alumnado practique con los elementos sensores y actuadores básicos.

4. Práctica 5, con una propuesta abierta para diseñar, montar y programar un robot siguelíneas. También deben planificar y preparar la presentación ante el público de la asamblea final.

#### 5.4. Objetivos

El decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria (2015) define un número de objetivos correspondientes a la etapa de la Educación Secundaria Obligatoria. Esta actividad permite trabajar algunos de estos objetivos, detallados a continuación:

- a) Asumir responsablemente sus deberes, conocer y ejercer sus derechos en el respeto a los demás, practicar la tolerancia, la cooperación y la solidaridad entre las personas y grupos.
- b) Desarrollar y consolidar hábitos de disciplina, estudio y trabajo individual y en equipo.
- d) Fortalecer sus capacidades afectivas en todos los ámbitos de la personalidad y en sus relaciones con los demás.
- f) Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia.
- g) Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades.
- i) Comprender y expresarse en una o más lenguas extranjeras de manera apropiada.

l) Apreciar la creación artística y comprender el lenguaje de las distintas manifestaciones artísticas, utilizando diversos medios de expresión y representación.

### 5.5. Análisis curricular

Aunque no sea una actividad curricular, si que va a tener una contribución complementaria según lo establecido en el decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria (2015). Como se ha comentado, esta propuesta está relacionada con la asignatura de Tecnología de 2º de la ESO, en concreto con el Bloque 5, Tecnologías de la Información y la Comunicación. En el apartado 4 de este bloque se establece que el alumnado debe conocer y manejar lenguajes de programación con interfaz gráfica.

Esta propuesta didáctica abarca el manejo de un entorno de programación por bloques y de interfaz gráfica, con el que deberá crear programas que resuelvan situaciones para permitir que los dispositivos interactúen con el entorno. Esto es una forma de utilizar el lenguaje para interactuar con el entorno de forma directa, utilizando conceptos de las asignaturas de Matemáticas y Tecnología en el proceso. Esto encuadra perfectamente con el criterio de evaluación número 4 de este bloque, que establece que el alumnado debe ser capaz de elaborar programas sencillos utilizando entornos de programación gráfica, con diseño de bloques. Esta actividad contribuye a que el alumnado:

- Conozca terminología y conceptos básicos y genéricos de los lenguajes de programación.
- Sea capaz de crear programas para resolución de problemas matemáticos sencillos.
- Sea capaz de programar un videojuego, animación o historia interactiva.

### 5.6. Análisis extracurricular

En esta propuesta la evaluación no ha de ser cuantitativa ya que esta ya se realiza en la asignatura de Tecnología. Aquí se hace una evaluación en

competencias atendiendo a las finalidades de la séptima hora dentro del programa bilingüe.

En esta actividad se trabajan de una u otra forma las siete competencias clave de esta etapa formativa. Se muestra en la Tabla 1. una relación de la contribución de esta propuesta a las diferentes competencias.

Competencias	Contribución de esta propuesta
Comunicación lingüística	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vocabulario y expresiones específicas de programación y robótica.</li> <li>- Lectura, interpretación y comprensión de guiones de trabajo.</li> <li>- Comunicar en grupo y ante una audiencia.</li> </ul>
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Destrezas básicas en programación y comprensión en robótica.</li> <li>- Conocimiento de sensores y actuadores.</li> </ul>
Competencia digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de programas informáticos de programación.</li> <li>- Manejo básico de robótica y sistemas electrónicos.</li> <li>- Búsqueda de información mediante TIC.</li> </ul>
Aprender a aprender	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aprender a relacionar conceptos de unidades anteriores, en especial de estructuras y mecanismos.</li> <li>- Desarrollar un robot para una competición, incluyendo diseño, montaje y programación de este.</li> </ul>
Competencias sociales y cívicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trabajo en grupos, coordinación y distribución de tareas.</li> <li>- Formar parte de un equipo deportivo (equipo de carreras).</li> <li>- Exposición ante una audiencia.</li> <li>- Competición en un ambiente educativo y lúdico.</li> </ul>
Sentido de la iniciativa y el espíritu emprendedor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desarrollar un robot para una competición, incluyendo diseño, montaje y programación de este.</li> <li>- Planificar y asumir riesgos.</li> </ul>
Conciencia y expresiones culturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pertenencia a la comunidad formada por el alumnado del grupo, del centro y del plan bilingüe.</li> <li>- Conocer los mecanismos básicos de elementos robóticos que pueden beneficiar a su entorno.</li> </ul>

Tabla 1. Relación de contribuciones de esta propuesta a las diferentes competencias.

### 5.7. Evaluación centrada en competencias

El alumnado del plan bilingüe sabe que las actividades de la séptima no son curriculares y no se tienen en cuenta para la nota. Según Alonso (1998), realizar labores que no se evalúan puede causar falta de motivación en el alumnado, impidiendo el desarrollo de las competencias. Por este motivo es importante en esta propuesta evaluar las competencias que adquiere el alumnado y que sean conscientes y partícipes de esta evaluación.

Se plantea aquí una rúbrica de evaluación de las competencias y su nivel de desarrollo (Tabla 2). Se pretende que el profesor la rellene, pero también se entregará al comienzo de la actividad para que el alumnado haga una autoevaluación previa y una autoevaluación final de su nivel en cada una de las competencias indicadas. Al entregarla se explicará en el aula para asegurarse de que comprendan cada uno de los apartados. Conocer los elementos a evaluar desde el comienzo deja claro en todo momento que se espera de ellos y que puntos son precisamente los que están trabajando con la actividad. El profesor o profesora se servirá principalmente de la observación para rellenar esta rúbrica. Además, puede hacer preguntas concretas o proponer otras actividades que permitan mejorar o asegurarse del correcto desarrollo de estas.

La evaluación de las competencias será cualitativa, pero se han asignado 5 niveles, de menos a más, para facilitar su elaboración e interpretación. Es importante ver la evolución de estas y realizar ajustes para ser conscientes de las debilidades y dedicarles una mayor atención. Se recomienda tener un cuaderno de observación para tomar notas diarias.

	Muy deficiente	Deficiente	Regular	Bien	Muy bien
Desarrolla las tareas individuales de forma autónoma.					
Comprende los fundamentos de programación y la robótica.					
Maneja software de programación y robótica.					
Conoce y utiliza vocabulario específico de robótica.					
Entiende la aplicación práctica de la robótica en la vida cotidiana.					
Relaciona conceptos de diferentes temas y asignaturas.					
Se organiza para lograr los objetivos.					
Se esfuerza.					
Desarrolla las tareas en grupo de forma coordinada.					
Se comunica con sus compañeros de grupo.					
Aporta ideas relevantes.					
Aporta ideas imaginativas.					
Sabe escuchar y valora las aportaciones de los demás.					
Respeto a los compañeros y profesores.					
Asume responsabilidades.					
Crea buen ambiente de trabajo.					
Se comunica en inglés de forma adecuada.					
Se expresa en público de forma satisfactoria.					
Desarrolla un sentimiento de pertenencia al grupo de trabajo.					
Compite de forma saludable.					
Disfruta de la actividad sin presión.					

Tabla 2. Rubrica para la evaluación y autoevaluación.

### 5.8. Análisis de esta propuesta desde la perspectiva del modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en competencias

El modelo de enseñanza centrado en competencias ha de acomodar las modalidades organizativas, los métodos de enseñanza y los sistemas evaluación a las competencias que se desea reforzar. En el IES La Albericia se fomenta la adaptación de todas las metodologías al enfoque en competencias, incidiendo en el desarrollo de capacidades de actuar con los conocimientos adquiridos, fundamentalmente aplicando los conocimientos a contextos cotidianos e integrar conocimientos de diferentes materias (IES La Albericia, 2009). Esto coincide con el denominado alineamiento constructivo (Biggs, 2005; Prieto, 2004) por el que se ha de definir los métodos de enseñanza y la forma de evaluación integrando las competencias en este diseño curricular.

#### 5.8.1. Competencias

Para desarrollar las competencias se han de trabajar los pilares sobre los que se asientan: conocimientos y capacidades, habilidades y destrezas y actitudes y valores. Por lo tanto, para construir las competencias de forma sólida, las modalidades, los métodos utilizados y la evaluación han de fomentar el crecimiento de estos tres pilares.

Los conocimientos necesarios sobre robótica están plasmados en los guiones de la fase 1 y el alumnado los irá adquiriendo de forma individual al trabajarlos en el aula. En la fase 2 se pondrán en común en el grupo y se expandirán, construyendo nuevos significados compartidos mediante la colaboración del grupo (De Longhi et al., 2012). En la fase 3 los alumnos tendrán que explicar lo aprendido, lo que les hará profundizar más y avanzar otro paso en el desarrollo cognitivo al reformular los conocimientos para explicarlos (De Longhi et al., 2012).

Las habilidades y destrezas se trabajan en diferentes ámbitos: en la primera fase se trabajan las habilidades de autogestión, de organización e intelectuales, al interpretar los guiones, manejar el software y el robot y enfrentarse a las actividades. Puesto que el alumnado necesita algo de dirección en 2º de la ESO,



los guiones suponen una planificación esencial que ayuda a mantener un rumbo de trabajo continuado. En la segunda y tercera fase se trabajan fuertemente las habilidades de comunicación y de relaciones interpersonales. Planificar y participar en la asamblea supone un gran reto para muchos alumnos y tiene gran valor para ayudarlos a procesar y presentar la información y hablar en público para desarrollar su autoestima.

Finalmente, en cuanto a actitudes y valores, se trabajan primero la autonomía y el esfuerzo y después civismo, respeto, responsabilidad, iniciativa y coordinación. En las fases 2 y 3 se desarrolla el sentimiento de pertenencia a un grupo (Oliva et al., 2012), primero al pequeño grupo de trabajo y después al grupo bilingüe y del centro formado por gran parte de la comunidad educativa.

#### 5.8.2. Modalidades organizativas

Las modalidades organizativas de la enseñanza establecen los escenarios en los que se van a desarrollar las actividades. De nuevo, coincidiendo con las diferentes fases planteadas se dan diferentes modalidades organizativas.

Las sesiones de la primera fase se desarrollan según una modalidad de clases prácticas (De Miguel, 2005). En estas sesiones los alumnos practican programación de los robots de forma individual contando con el material de trabajo, que en este caso son ordenadores y el robot con los elementos necesarios. El profesor sigue un papel de apoyo mientras los alumnos van realizando las actividades. Estas tareas se han diseñado de forma que quedan pautadas y ajustadas a los conocimientos previos para que el alumnado las pueda seguir de forma autónoma. Según los cinco tipos de actividades identificados por Brown y Atkins (1988), estas prácticas se catalogarían como ejercicios de un nivel 2 de 5 en cuanto a su complejidad y características. Estos ejercicios suponen unas actividades muy estructuradas, cuyos objetivos están fijados, se ha suministrado el material adecuado y se ha indicado la forma de proceder, pero el alumnado ha de hallar la solución a los problemas propuestos.

Las fases dos y tres de esta propuesta siguen la modalidad de aprendizaje cooperativo en grupos pequeños (De Miguel, 2005), siendo la fase tres la meta

a alcanzar por el grupo: hacer una buena presentación ante el público. El éxito de cada alumno depende del resultado final del grupo, sumando la aportación de todos. En cuanto a la complejidad de la actividad, sube un nivel en la escala de Brown y Atkins (1988), ya que los materiales y la metodología quedan definidos solo parcialmente. En estas dos fases son claves la competencia social y la capacidad organizativa. El número de integrantes en cada grupo debe ser reducido para que la interacción sea fluida y provechosa, sin tener participantes que no trabajen. Según recogen De Miguel (2005) y Johnson, Johnson y Holubec (1999), para que el aprendizaje cooperativo funcione de forma adecuada se deben cumplir seis elementos:

- Interdependencia positiva entre los miembros, en este caso entendiendo que son necesarios para que el trabajo del grupo salga bien y conseguir la meta: hacer un buen robot y si es posible ganar la competición.
- Interacción entre los miembros de forma constructiva.
- Responsabilidades individuales de cada miembro del grupo. Tendrán que aprender dentro del grupo a coordinarse y asumir o asignar roles: unos montar, otros programar un sensor u otro, otros las ruedas, etc.
- Habilidades de trabajo en grupo y de relacionarse en pequeños grupos.
- Capacidad de reflexión y autocrítica para evaluar el trabajo del grupo: si el robot no funciona de forma adecuada saben que no van a ganar.

Es necesario que todos los miembros de cada grupo se involucren desde el principio para trabajar estos seis elementos de forma correcta y el profesor debe asegurarse de que así sea.

### 5.8.3. Métodos de enseñanza

En la primera fase se usan metodologías del tipo resolución de ejercicios (De Miguel, 2005). Se propone al alumnado una serie de ejercicios que han de ir resolviendo, aplicando las funciones y rutinas indicadas. Partiendo de que el alumnado tiene algunos conocimientos sobre programación: orden de ejecución secuencial de las funciones, variables y bucles básicos, etc., podrán ejercitar

estos conocimientos en aplicaciones prácticas. Esto supone una motivación al ver como sus ejercicios tienen un efecto real, vinculados a una futura profesión.

En cuanto a la adquisición de competencias, se trabajan los tres pilares mencionados de conocimientos, habilidades y destrezas y actitudes y valores. En el campo de los conocimientos se desarrolla la capacidad de procesar la información y comprender los fundamentos de la robótica, utilizándolos para resolver ejemplos sencillos de aplicaciones profesionales de esta tecnología. En cuanto a la adquisición de habilidades, se ejercita la planificación de algoritmos y destrezas de pensamiento de cara a la programación. En cuanto a la adquisición de actitudes y valores, se adquieren hábitos de esfuerzo y motivación para obtener el resultado deseado.

La evaluación del método de resolución de ejercicios se realizará a corto plazo, comprobando la ejecución correcta de los ejercicios y que se comprende el funcionamiento de los elementos de la robótica y su interacción. El profesorado explicará las dudas que surjan y tomará nota de la finalización de cada ejercicio.

La fase 2 sigue una metodología de aprendizaje basada en problemas, en concordancia con las demandas del decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria (2015), que en sus orientaciones metodológicas para Tecnología en 2º de ESO indica que se ha de fomentar el uso del proceso de resolución de problemas tecnológicos, planteando las actividades para dar solución a un problema tecnológico concreto, como precisamente construir una máquina. Se pretende con esto no solo que conozcan y usen la tecnología, sino que sean creadores de esta. Esta propuesta encaja de lleno con esta metodología, proponiendo la construcción de un robot con el objetivo de participar en una competición. Primero los alumnos aprenderán como funcionan estos robots y luego serán ellos los que construyan uno.

Según la descripción del método de problemas que hace De Miguel (2005), este proceso se divide en cuatro etapas:

1. El profesor presenta un problema y establece las condiciones de trabajo para resolver en pequeños grupos. Esto se hace en la propuesta de la práctica 5.
2. Los estudiantes identifican las nuevas necesidades de aprendizaje. Las practicas 1 a 4 de la primera fase hacen que esta etapa sea más sencilla y convierten todo el problema en una tarea abordable.
3. Los estudiantes recogen información, complementan sus conocimientos y elaboran ideas.
4. Los estudiantes resuelven el problema presentando y explican y discuten su solución.

El método de aprendizaje basado en problemas guarda muchas similitudes con el método orientado a proyectos, aunque el segundo es algo más complejo. Según la descripción de esta metodología que hace De Miguel (2005), el método de proyectos se divide en también en cuatro etapas:

1. Recopilación de información.
2. Planificación.
3. Realización de la acción experimental.
4. Evaluación de los resultados obtenidos.

Realizar un proyecto no se puede calificar como trabajar en la metodología de proyectos (INTEF, 2015b). Para que pueda ser calificado de esta forma debe contener los siguientes elementos (Buck Institute for Education, 2019; INTEF, 2015a; Pereira, 2015).

1. Pregunta o reto como desafío estimulante.
2. Investigación en profundidad.
3. Relacionado con el mundo real y útil en este.
4. El alumnado toma decisiones.
5. Reflexión sobre qué, cómo y para qué sirve lo que están aprendiendo.
6. Crítica del trabajo propio y revisión de este.
7. Producto final y presentación en público.

En esta propuesta el profesor asume las etapas de conformar los grupos, la planificación y gran parte de la recogida de información. Pero hay un punto

presente en esta metodología que es clave y no está presente en la metodología orientada a problemas: la presentación del producto final ante una audiencia, como es la presentación en la asamblea. Otro punto es que el proyecto final es algo tangible, no una resolución teórica o académica. Esta propuesta no se puede encuadrar estrictamente como una metodología orientada a proyectos, pero si avanza en esta línea de trabajo. De hecho, trabajar por proyectos puede resultar muy exigente en 2º de la ESO, con un alumnado que probablemente no ha trabajado con anterioridad de esta forma. Introducir esta metodología de la forma expuesta en esta propuesta sienta los cimientos para aplicarlo agregando más complejidad en cursos posteriores de la Educación Secundaria, ya sea en las asignaturas de Tecnología u otras, en la línea de metodologías activas que se fomentan en el centro (IES La Albericia, 2009).

Entre las ventajas de esta metodología destaca que permite trabajar actividades propias de la práctica profesional, en este caso de la robótica y las científico-técnicas. Facilita la mejora de las competencias de resolución de problemas y el trabajo en grupo, también relevantes de cara a la vida profesional futura de este alumnado. Permite desarrollar habilidades técnicas y utilizar el contenido en aplicaciones prácticas (De Miguel, 2005).

La fase 3 es la parte final de la aplicación de esta metodología. El grupo completo debe ser capaz de reorganizar los conocimientos adquiridos y ponerlos en común para poder transmitirlos en público. La importancia de la actuación en la asamblea radica en ser el principal objetivo del alumnado para realizar la actividad completa, siendo a su vez la excusa para trabajar la introducción a la robótica. Además, fortalece las competencias de comunicación oral, trabajo en grupo y autoestima.

## 6. Conclusiones

El mundo profesional en el ámbito científico-técnico y especialmente las empresas tecnológicas requieren cada vez más el perfil de trabajadores formados en competencias tecnológicas, de trabajo colaborativo y multidisciplinar para unas carreras profesionales en constante evolución. El uso de la robótica en educación acerca al alumnado a la realidad de este futuro profesional al permitirles conocer el mundo industrial, crear nuevos proyectos, facilitar la experimentación y ayudar a desarrollar las habilidades de programación.

En el IES La Albercia la oferta educativa incluye un programa bilingüe en inglés-español en la etapa de la ESO, en el que se dedican ciertas sesiones a actividades extracurriculares con un enfoque más lúdico y centradas en la formación en competencias. Los objetivos de estas sesiones incluyen fomentar la comunicación y el trabajo colaborativo entre profesorado y alumnado de diferentes cursos y asignaturas, el desarrollo de competencias no académicas y fomentar la multiculturalidad, respeto y ciudadanía europea.

A la par, el departamento de Tecnología participa en un proyecto Erasmus+ para la docencia de la robótica en la ESO junto con otros centros educativos de Francia, Grecia, Hungría, Polonia y República Checa. Este se enfoca en el uso de la robótica educativa para adquirir destrezas en esta disciplina, en el uso de las TIC y para mejorar las habilidades científico-técnicas y el espíritu emprendedor, tanto del profesorado como del alumnado.

Este Trabajo Fin de Máster consiste en la elaboración de una propuesta didáctica para la introducción a la robótica en el marco de un programa bilingüe y la participación en el proyecto Erasmus+. La propuesta está diseñada para ser impartida en un grupo de alumnos y alumnas de 2º de ESO en el IES La Albercia. Se han elaborado unas prácticas para organizar las actividades en tres fases. En la primera fase los alumnos seguirán unas prácticas guionizadas para adquirir una formación básica en robótica. En una segunda fase se propone de forma más abierta diseñar, construir y programar sus propios robots con el fin de crear un equipo de carreras para una competición de robots siguelíneas. La tercera

fase consiste en presentar sus robots en la asamblea del plan bilingüe a modo de competición/exhibición y realizar dicha carrera de robots. Para esto primero deberán elaborar un guion y preparar la presentación, en la que explicarán al público formado por profesorado y alumnado del programa bilingüe junto con sus familiares como han construido los robots. En estas asambleas participan todos los grupos del plan bilingüe de la ESO y cada uno de ellos presenta la actividad que han realizado durante el trimestre, siempre en inglés.

El método de enseñanza aplicado es una primera aproximación al método de proyectos. Este método de enseñanza resulta complejo cuando se carece de experiencia previa, como se supone del alumnado de 2º de ESO. Por este motivo se limitan algunas de las etapas de esta metodología y es el profesor el que realiza gran parte de las labores de las etapas de planificación y búsqueda de información, pero permanece el trabajo en grupos de forma autónoma y la elaboración de un proyecto y su presentación final. Esta experiencia permitirá al alumnado participante continuar aplicando el método orientado a proyectos de forma más completa en cursos posteriores, tanto en la asignatura de Tecnología como en otras.

Trabajando con la robótica educativa se desarrollan los conocimientos y habilidades propios de esta disciplina. Al impartir esta propuesta en el marco de las actividades extracurriculares del plan bilingüe y del proyecto Erasmus+ se trabajan además las destrezas comunicativas, particularmente en inglés, destrezas para hablar en público, el trabajo cooperativo y desarrollo de competencias en el uso de las TIC.

El alcance de esta propuesta es teórico debido a la suspensión de la docencia presencial como consecuencia de la evolución del COVID-19. El siguiente paso consistiría en impartir esta propuesta en el centro educativo para observar como se desenvuelve el alumnado y el profesorado en su puesta en práctica. Sería interesante tras la realización de estas prácticas participar con el alumnado en alguno de los diferentes concursos/exhibiciones de robótica para compartir experiencias con alumnos y profesores de otros centros educativos.

En cualquier caso, la propuesta se puede adaptar a otros centros y aplicarse con grupos de 2º de la ESO no bilingües tras traducir los guiones de prácticas. También se puede aplicar a otros niveles educativos modificando la complejidad de las actividades propuestas. Para este fin, las primeras cuatro prácticas suponen una introducción básica y pueden ser realizadas tal y como se presentan por alumnado de cursos superiores como parte introductoria, mientras que la práctica final puede ser más elaborada y la demostración en público se puede adaptar a otro aforo o formato.



## Bibliografía

- Alonso, J. (1998). ¿Qué podemos hacer los profesores universitarios para mejorar el interés y el esfuerzo de nuestros alumnos por aprender?. En: *Premios Nacionales de Investigación Educativa*, 1998. Madrid: Ministerio de Educación y Cultura (España).
- Anderson, L.W., Krathwohl, D. R., Airasian, P., Cruikshank, K.A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J. and Wittrock, M. C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Nueva York: Longman.
- Arduino (2020). *Arduino*. Recuperado de <https://www.arduino.cc/>
- López, J. (2020). *Arduinoblocks*. Recuperado de <http://www.arduinoblocks.com/>
- Bargagna, S., Castro, E., Cecchi, F., Cioni, G., Dario, P., Dell'Omo, M., Di Lieto, M. C., Inguaggiato, E. y Martinelli, A. (2018). Educational Robotics in Down Syndrome: A Feasibility Study. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2): 315–323. doi:10.1007/s10758-018-9366-z
- Biggs, J. (2005). *Calidad del aprendizaje universitario*. Madrid: Narcea.
- Blank, D., Kumar, D., Marshall, J. y Meeden, L. (2007). Advanced Robotics Projects for Undergraduate Students. *AAAI Spring Symposium: Semantic Scientific Knowledge Integration*.
- Blikstein, P. y Krannich, D. (2013) The makers' movement and fablabs in education: experiences, technologies, and research. *Proceedings of the 12th international conference on interaction design and children*, 613–616. Doi: 10.1145/2485760.2485884
- BQ (2020). *DIWO: Do It With Others*. Recuperado de <http://diwo.bq.com/>
- Brown, G. y Atkins, M. (1988). *Effective Teaching in Higher Education*. London: Routledge.
- Cantabrobots (2020). *Cantabrobots. Concurso-Exhibición de Robótica Escolar en Cantabria*. Recuperado de <http://www.cantabrobots.es/>
- Cantabrobots 3.0 (2020). *Proyecto Cantabrobots 3.0*. Recuperado de <http://proyectocantabrobots3.blogspot.com>
- Pereira, M. A. (2015). *7 elementos esenciales del ABP*. Centro Nacional de Desarrollo Curricular en Sistemas No Propietarios (España). Recuperado de <https://cedec.intef.es/7-elementos-esenciales-del-abp/>,
- Council of Europe (2020). *Common European Framework of Reference for Languages: Learning, Teaching, Assessment (CEFR)*. Recuperado de <https://www.coe.int/en/web/common-european-framework-reference-languages>

- Coyle, D., 2008. *CLIL—A Pedagogical Approach from the European Perspective*. en: Hornberger N.H. (ed.), *Encyclopedia of Language and Education*. Berlin: Springer, 97-112.
- Cook, A. M., Adams, K., Volden, J. Harbottle, N. y Harbottle, C. (2011) Using Lego robots to estimate cognitive ability in children who have severe physical disabilities, *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 6(4), 338-346. Doi: [10.3109/17483107.2010.534231](https://doi.org/10.3109/17483107.2010.534231)
- Conchinha C.I. (2012). Lego Mindstorms : um estudo com utentes com paralisia cerebral. *II Congresso Internacional TIC e Educação*, Lisboa, 1581-1593.
- Dale, E. (1946). *Audio-visual methods in teaching*. Nueva York: Dryden Press.
- Decreto 38/2015, de 22 de mayo, que establece el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria, BOC Extraordinario núm. 39, 2711-3784 (2015).
- Denis, B. y Hubert, S. (2001). Collaborative learning in an educational robotics environment. *Computers in Human Behavior*, 17(5-6), 465-480. Doi: [10.1016/S0747-5632\(01\)00018-8](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(01)00018-8)
- De Miguel, M. (2005). *Modalidades de enseñanza centradas en el desarrollo de competencias: orientaciones para promover el cambio metodológico en el espacio europeo de educación superior*. Oviedo: Universidad de Oviedo.
- De Longhi, A.L., Ferreyra, A., Peme, C.; Bermudez, G.M.A., Quse, L., Martínez, S., Iturralde, C. y Campaner, G. (2012). La interacción comunicativa en clases de ciencias naturales. Un análisis didáctico a través de circuitos discursivos, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 9(2), 178-195
- Domènech-Casal, J., Lope, S. y Mora, L. (2019) Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(2). Doi: [10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i2.2203](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i2.2203)
- E-nable (2020). *Enabling the future*. Recuperado de <http://enablingthefuture.org>
- European Commission (2020). *Erasmus+*. Recuperado de [https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/node\\_en](https://ec.europa.eu/programmes/erasmus-plus/node_en)
- EV3lessons (2020). *EV3 Lessons*. Recuperado de <http://ev3lessons.com/es/>,
- Gander, W. Petit, A., Berry, G. Demo, B. Vahrenhold, J., McGettrick, A., Boyle, R., Mendelson, A. y Stephenson, C. (2013). Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat. *Report of the joint Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education*.

- Hand challenge (2020). *Prosthetic kids hand challenge*. Recuperado de <http://www.handchallenge.com>
- Hamidi, F., Young, T.S., Sideris, J., Ardeshiri, R., Leung, J., Rezai, P. y Whitmer, B. (2017). Using robotics and 3d printing to introduce youth to computer science and electromechanical engineering. *Proceedings of the 2017 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, 942–950. doi: 10.1145/3027063.3053346
- Halverson, E.R. y Sheridan, K. (2014). The maker movement in education. *Harvard Educational Review*, 84(4), 495–504. doi: 10.17763/haer.84.4.34j1g68140382063
- Holmlund, T.D., Lesseig, K. y Slavitt, D. (2018). Making sense of “STEM education” in K-12 contexts. *International Journal of STEM Education*, 5(32). Doi: 10.1186/s40594-018-0127-2
- Kåre, L. y Hernes, S. (2015). The diffusion of the learning pyramid myths in academia: an exploratory study, *Journal of Curriculum Studies*, 48(3), 291-302. Doi: 10.1080/00220272.2015.1088063
- Kåre, L. y Hernes, S. (2018). Excavating the origins of the learning pyramid myths. *Cogent Education*, 5(1). 10.1080/2331186X.2018.1518638
- Johnson, D. W., Johnson, R.T. y Holubec. E.J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula*. Buenos Aires: Paidós.
- Neelie Kroes, N. y Vassiliou, A. (2014). Promoting coding skills in Europe is part of the solution to youth unemployment. letter to EU Education Ministers, European Commission.
- Hands on Technology e.V. (2020). *FIRST LEGO League Challenge*. Recuperado de <https://www.first-lego-league.org/en/season/research-project.html>
- IES La Albericia (2009). *Proyecto Educativo*.
- IES La Albericia (2019a) Bilingual Program, New Teacher Orientation
- IES La Albericia (2019c). *Programación del departamento de Tecnología 2019-2020*.
- IES La Albericia (2019d). *Programación General Anual 2019-2020*.
- IES La Albericia (2019e). *Propuesta Proyecto Erasmus+: Robots to collaborate, communicate and share: languages to understand each other* (no publicado).
- IES La Albericia (2020). *La Albericia, Instituto de Educación Secundaria*. Recuperado de <http://www.iesalbericia.es/>
- INTEF (2015a). *Aprendizaje basado en proyectos. Infantil, Primaria y Secundaria*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de

Formación del Profesorado. Recuperado de <https://sede.educacion.gob.es/publiventa/PdfServlet?pdf=VP17667.pdf&area=E>

INTEF (2015b). *No todo vale en ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos)*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado.. Recuperado de

INTEF (2018). *Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula*. Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado. Recuperado de <http://code.educalab.es/wp-content/uploads/2017/09/Pensamiento-Computacional-Fase-1-Informe-sobre-la-situaci%C3%B3n-en-Espa%C3%B1a.pdf>

Dirección Nacional de Innovación Educativa (2017). Programación y robótica. Objetivos de aprendizaje para la educación obligatoria. Plan nacional Integral de Educación Digital, Ministerio de Educación de la Nación(Argentina). Recuperado de <http://www.bnm.me.gov.ar/giga1/documentos/EL005855.pdf>

Petrovič, P. y Balogh, R. (2008). Educational Robotics Initiatives in Slovakia. SIMPAR Workshop on Teaching with robotics: didactic approaches and experiences, Venecia.

Poletz, L., Encarnação, P., Adams, K., y Cook, A. (2010). Robot Skills and Cognitive Performance of Preschool Children. *Technology and Disability*. 22(3), 117-126.

Leclercq, D., y Denis, B. (1998). Méthodes de formation et psychologie de l'apprentissage. *Service de Technologie de l'Education de l'Université de Liège*.

LEGO (2020a). *About Mindstorms*. Recuperado de <https://www.lego.com/en-es/themes/mindstorms/about>

LEGO (2020b). *Building Instructions & Program Descriptions*.

LEGO® MINDSTORMS® Education EV3. Recuperado de <https://education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3/building-instructions>

LEGO (2020c). *Download your MINDSTORMS software*. Recuperado de: <https://education.lego.com/en-us/downloads/mindstorms-ev3/software#MicroPython>

LEGO (2020d). *EV3 Desktop*. Recuperado de <https://elearning.legoeducation.com/ev3-desktop>),

LEGO (2020e). *LEGO® Education*. Recuperado de <https://education.lego.com/en-us>

- LEGO (2020f). *FAQs. LEGO® MINDSTORMS® Education EV3*. Recuperado de <https://education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3/faqs>
- Lego (2020g). *LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 Core Set*. Recuperado de <https://education.lego.com/en-us/products/lego-mindstorms-education-ev3-core-set/5003400>
- LEGO (2020h). *LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 Teacher Introduction*. Recuperado de <https://education.lego.com/en-au/support/mindstorms-ev3/teacher-introduction>
- LEGO (2020i). *Python for EV3. LEGO® MINDSTORMS® Education EV3*. Recuperado de <https://education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3/python-for-ev3>
- Microsoft (2020a). *Microbit*. Recuperado de <https://makecode.microbit.org/>
- Microsoft (2020b). *Microsoft MakeCode for LEGO® MINDSTORMS® Education EV3*. Recuperado de <https://makecode.com/blog/lego/05-15-2018>
- Microsoft (2020c). *Mindstorms*. Recuperado de <https://makecode.mindstorms.com/>
- Microbit Educational Foundation (2020). *Microbit*. Recuperado de <https://microbit.org/>
- Liu, E.Z.F, y Lin, C. H. (2010). Student Satisfaction and Self-Efficacy in a Cooperative Robotics Course, *Social Behavior and Personality An International Journal*, 38(8), 1135-1146. Doi: [10.2224/sbp.2010.38.8.1135](https://doi.org/10.2224/sbp.2010.38.8.1135)
- Oliva, A., Pertegal, M. A., Antolín, L. Reina, M. C., Parra, A., Hernando, A., Pascual, D., Estévez, R. y Ríos, M. (2012). *Propuestas para la promoción del desarrollo positivo adolescente*.
- Ocaña, G. Romero, I. M., Gil, F. y Codina, A. (2015). Implantación de la nueva asignatura “Robótica” en Enseñanza Secundaria y Bachillerato. *Investigación en la escuela*, 87, 35-48.
- Orden ECD/123/2013, de 18 de noviembre, que regula los programas de educación bilingüe en los centros docentes de la Comunidad Autónoma de Cantabria. BOC núm. 232, 39195-39212 (2013)
- Páez, J. y Pachón, A. (2010). Ambiente de aprendizaje para principios básicos de robótica. *Praxis Pedagógica*, 10, 67-77. doi: [10.26620/uniminuto.praxis.10.11.2010.66-77](https://doi.org/10.26620/uniminuto.praxis.10.11.2010.66-77)
- Papavlasopoulou, S., Giannakos, M. N. y Jaccheri, L. (2017). Empirical studies on the maker movement, a promising approach to learning: A literature review. *Entertainment Computing*, 18, 57–78. Doi: [10.1016/j.entcom.2016.09.002](https://doi.org/10.1016/j.entcom.2016.09.002)

- Buck Institute for Education (2019). *Gold Standard PBL: Essential Project Design Elements (by BIE)*. Recuperado de [https://my.pblworks.org/resource/document/gold\\_standard\\_pbl\\_essential\\_project\\_design\\_elements](https://my.pblworks.org/resource/document/gold_standard_pbl_essential_project_design_elements)
- Revolution Education Ltd. (2020). Picaxe. Recuperado de <http://www.picaxe.com/>
- Prieto, L. (2004). CAPITULO. En Vallejo, S.J. (ed.) *Hacia una enseñanza universitaria centrada en el aprendizaje: libro homenaje a Pedro*. Madrid: Universidad Pontificia de Comillas, 111-142.
- Real Academia Española (2020). *Robot*. Recuperado de <https://dle.rae.es/robot>
- Resolución de 14 de marzo de 2020, por la que se suspende la actividad presencial en todos los Centros Educativos de la Comunidad Autónoma de Cantabria, como consecuencia de la evolución epidemiológica del coronavirus (COVID-19)*, BOC Extraordinario núm. 12, 735 (2020).
- Robocup Federation (2020). Robocup Recuperado de <https://www.robocup.org/>
- RoboCupJunior Spain (2020). *Página oficial de la RCJ en España*. Recuperado de <http://www.robocupjuniorSpain.es>
- Robolot (2020). Robolot. Recuperado de <http://www.robolot.org/site/>
- Robotix (2020). Actividad de Robótica con LEGO Mindstorms Education EV3 | #Lessonplans. Recuperado de <https://www.robotix.es/blog/actividad-robotica-lego-mindstorms-education-ev3/>
- Robotsquare (2016). *EV3 and NXT: Difference and Compatibility*. Recuperado de <http://robotsquare.com/2013/07/16/ev3-nxt-compatibility/>
- Ruiz-Velasco, E., García, J.V. y Rocas, L. A. (2008). *Robótica pedagógica virtual para la inteligencia colectiva*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- SEPIE (2020). *Portfolio Europeo de las Lenguas*. Recuperado de <http://sepie.es/iniciativas/portfolio/index.html>
- Massachusetts Institute of Technology (2020). *Scratch*. Recuperado de <https://scratch.mit.edu/>,
- STEAMCantabria (2020). *STEAM Cantabria*. Recuperado de <https://sites.google.com/view/steamcantabria/página-principal>
- Stoeckelmayr, S., Tesar, M. y Hofmann, A. (2011). Kindergarten children programming robots: a first attempt. *Proceedings of 2nd International Conference on Robotics in Education (RIE)*,
- GEARSinc (2020). *SuGO™ competitions at Accident Maryland*. Recuperado de <http://www.sugobot.com>

TTS (2020) *Bee-Bot® Programmable Floor Robot*. Recuperado de <https://www.tts-international.com/bee-bot-programmable-floor-robot/1015268.html>

Universidad de Colorado Boulder (2020). *Teach Engineering*. Recuperado de [https://www.teachengineering.org/curricularunits/view/umo\\_challenges\\_unit](https://www.teachengineering.org/curricularunits/view/umo_challenges_unit)

World Robot Olympiad Association (2020). World Robot Olympiad. Recuperado de (<https://wro-association.org/home>

## Anexo

### Vocabulario

#### Vocabulary

**Actuator** - mechanism used to produce motion, for example motors. The actuator responds to a signal received from the control unit.

**Algorithm** – succession of commands that are executed in order to obtain the desired result. It is like a cooking recipe.

**Assemble** – join pieces together to form a structure or mechanism.

**Axis** – direction.

**Control unit** – or Central Processing Unit (CPU) is a part of a computer, robot or “intelligent” devices that controls the rest of the components, movements, and does calculations. It is like the brain.

**Command** – order or instruction, usually given to a computer or robot via text, voice or others.

**Loop** – in programing and informatics, orders that repeat if a condition is satisfied.

**Motion** – movement.

**Operator** – person that controls a robot or system.

**Path** – way to follow, like a road.

**Port** – also called socket, are the places where cables are connected.

**Programming language** –language used to specify orders to machines such as computers and robots.

**Robot** – type of machine designed to execute one or more tasks automatically based on calculations and signals received by sensors or commands.

**Sensor** – Device that detects changes in the surrounding and sends a signal to the control unit. For example:

- **Light sensor** detects changes in light intensity.
- **Color sensor** detects the color of the object in front of it.
- **Touch sensor** detects if it is being pressed.
- **Ultrasounds sensor** detects presence of objects in front of it.
- **Gyroscope** detects rotation.

**Servo motor** – also called just servo, are types of motors that can rotate a specific angle with high accuracy.



## Practica 0. Preparación

Esta primera práctica es la única en castellano y la puede realizar el alumnado o el profesorado para comprobar el correcto funcionamiento y hacer la primera toma de contacto. Para poder utilizar el entorno de programación de Makecode se requiere el firmware 1.10E. La comprobación se hace desde la consola central de EV3 en el menú Ajustes, Brick Info, como se muestra en la Figura 1, según se indica en la web de <https://makecode.mindstorms.com/troubleshoot>.

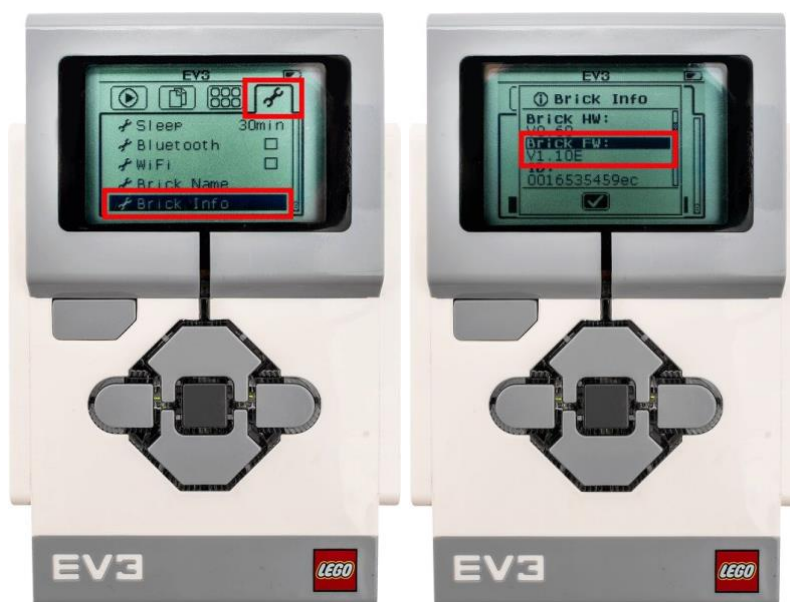


Figura 1. Comprobación de la versión de firmware instalada. Fuente:

<https://makecode.mindstorms.com/>

Si es necesario actualizar el firmware, se debe acceder a la página de LEGO para este cometido, accesible en la url <https://education.lego.com/en-us/support/mindstorms-ev3/firmware-update>. Aquí se puede descargar el último firmware y se indica que se puede instalar bien desde el software para ordenador (LEGO®MINDSTORMS®Education EV3 Software), o desde el entorno web para actualización de firmware (EV3 Device Manager) accesible en esta url

<https://ev3manager.education.lego.com/>, que permite actualizar el bloque tras descargar una pequeña aplicación.

Una vez hecho esto, se puede trabajar con la plataforma desde la url <https://makecode.mindstorms.com/#editor>. Al abrir el editor se muestran diferentes secciones, explicadas en la Figura 2. En la parte superior hay un menú de opciones de navegación y generales de la herramienta web (Figura 2a). A la izquierda hay un simulador para ver el efecto que tendrá el código programado (Figura 2b). En la parte inferior se encuentra la zona de descarga de los programas para poder cargarlos en el EV3 (Figura 2c). Hacia el centro de la página se encuentran las funciones agrupadas en menús desplegables por categorías, cada categoría con su propio color (Figura 2d). Estas funciones se arrastran a la zona de trabajo (Figura 2e) y se apilan secuencialmente para ir creando el código. Para borrar una función se arrastra la caja a la pila de funciones y aparece un icono de papelera para borrarla.



Figura 2. Aspecto del entorno de programación en makecode. Fuente: makecode.com, modificada.

Una vez terminado el código se renombra el fichero y se descarga desde la sección indicada (Figura 2c). Se enciende el dispositivo EV3, se conecta al ordenador por cable USB y se copia el fichero descargado en formato uf2. Automáticamente se ejecutará el programa. Para ejecutarlo de nuevo o ejecutar otros programas anteriores se puede acceder desde el dispositivo EV3 al menú de archivos y ejecutarlos apretando el botón central (Figura 3).



Figura 3. Ejecución de programas descargados desde el dispositivo EV3. Fuente: <https://makecode.mindstorms.com/>

Llegados a este punto, si todo funciona correctamente se puede empezar a trabajar con el dispositivo. En caso de que haya problemas, se puede acceder a la url de resolución de problemas de Makecode (<https://makecode.mindstorms.com/fil>) y la web de EV3 Lessons que también tiene un documento para la resolución de problemas (<http://ev3lessons.com/en/ProgrammingLessons/beginner/CommonIssues.pdf>) aunque está elaborado para el software LEGO.

A continuación se presenta el resto de prácticas en inglés para impartir en la modalidad bilingüe. El profesor debe considerar la forma que le sea más cómoda para la entrega y evaluación de las prácticas. De la 1 a la 4 se propone bien que

cada alumno o alumna se las enseñe al profesor o profesora en el momento, que entregue el fichero uf2 con el programa o que grabe un pequeño vídeo narrando la explicación.

Llegados a este punto ya se puede empezar a trabajar con la plataforma, pero es conveniente montar el robot base con ruedas para poder moverlo en las prácticas que así lo necesiten. Un ejemplo de montaje de esta plataforma se puede descargar desde este enlace de LEGO (<https://le-www-live-s.legocdn.com/sc/media/lessons/mindstorms-ev3/building-instructions/ev3-rem-color-sensor-down-driving-base-d30ed30610c3d6647d56e17bc64cf6e2.pdf>).

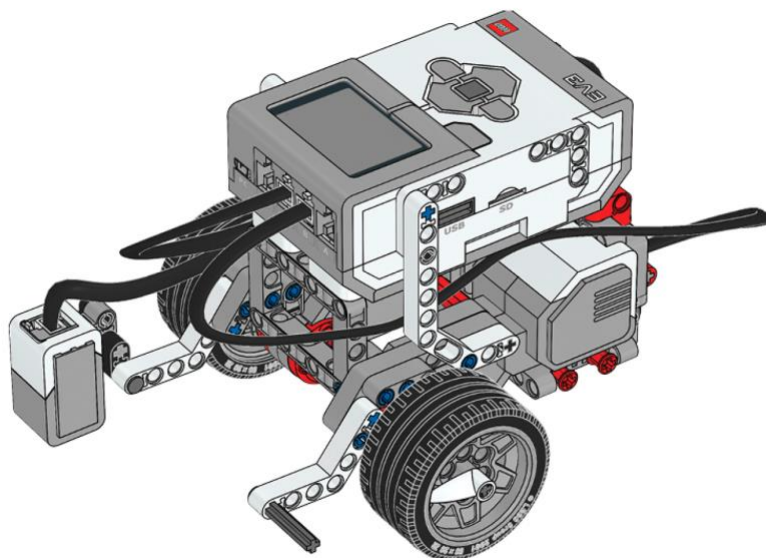
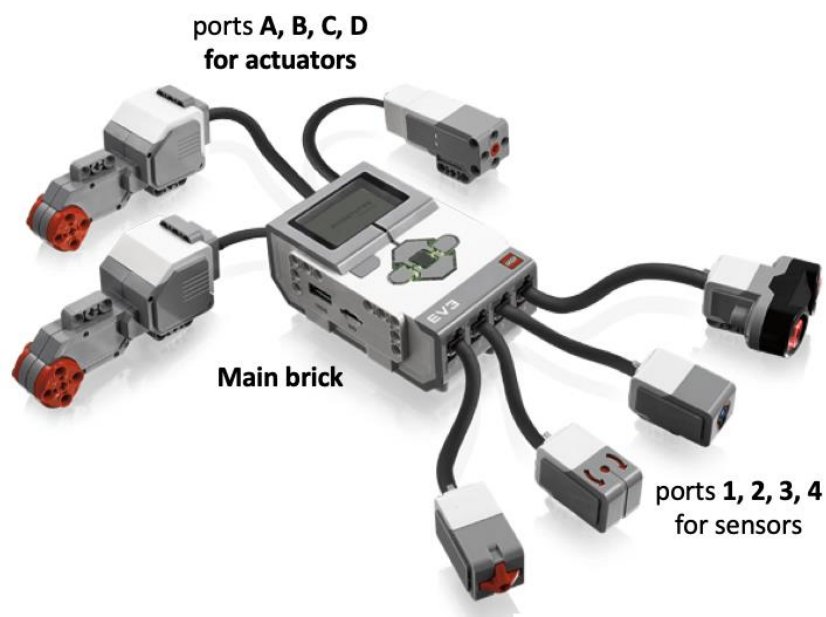


Figura 4. Modelo básico de robot con sensor de colores. Otros elementos se pueden colocar en el lugar de este sensor. Fuente: manual descargado de LEGO.com

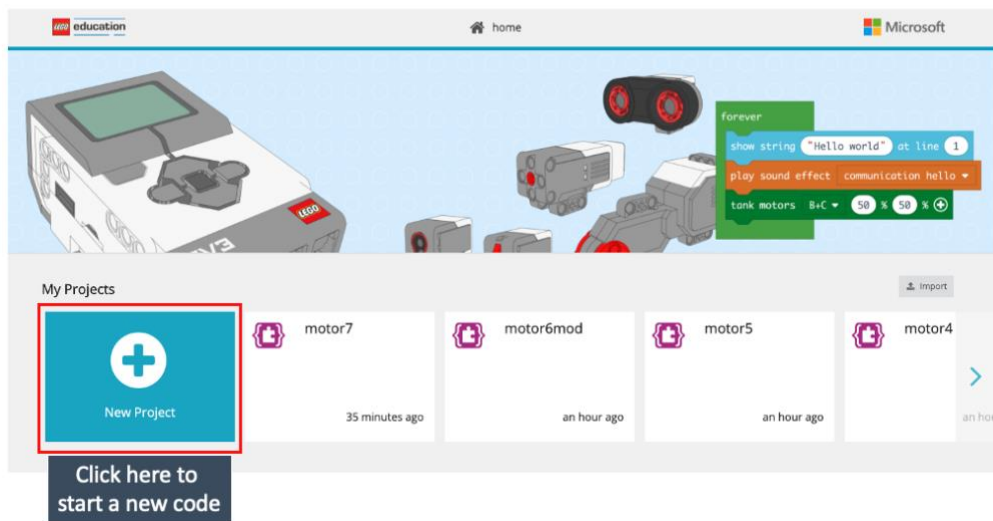
## Practice 1. EV3 brick

The kit LEGO Mindstorms EV3 consists of a control unit or “brick” and different ports to connect devices. The main unit has a screen to display information and 5 buttons to navigate the menus and control actions of the device. There are two types of ports: ports **A, B, C and D** are used to connect **actuators** such as motors. Ports **1, 2, 3 and 4** are used to connect **sensors**, such as switches, color sensor, or others.



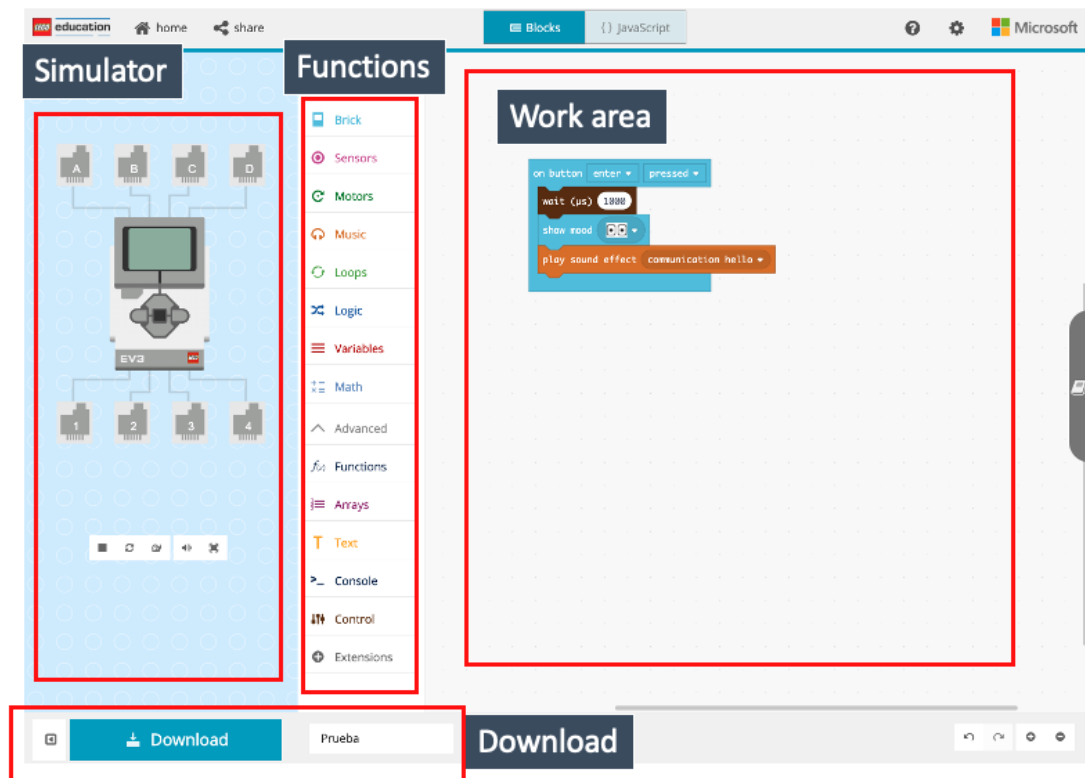
Source: LEGO.com, modified.

To program different activities we are going to use the web page <https://makecode.mindstorms.com/>. When we get there, we start a new project clicking in the area as shown in the next figure.

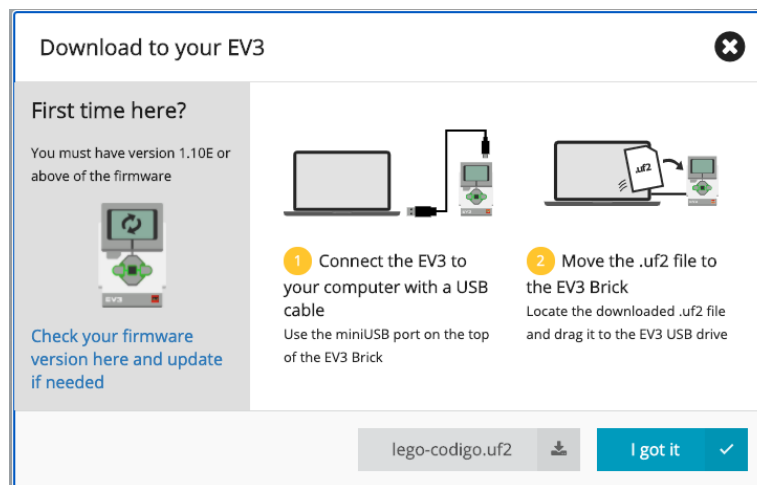


Source: makecode.com, modified.

And now we are ready to start programming. In the next image we have a big area at the right called the work area, where we drop functions from the menu. We can see at the left of the screen a simulator that allows us to see how the program behaves before copying it to the EV3 brick. Once it is good enough, we change the name of the program and download it at the bottom, in the download section.

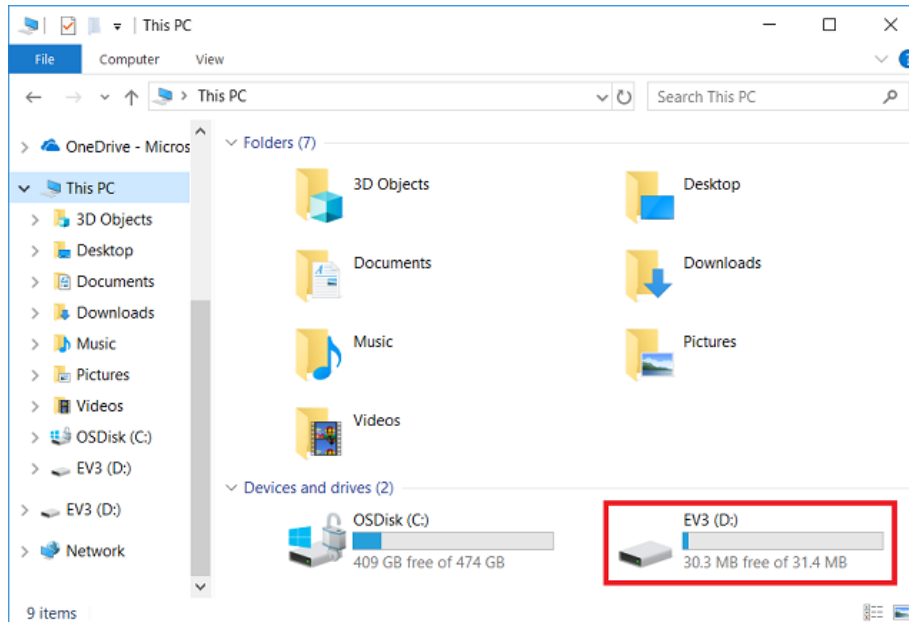


We will see a screen like this one and we have to click *I got it!* To download the code. It asks us to connect the EV3 brick to the computer with the USB cable.



Source: makecode.com

And we can finally copy the file ending in *.uf2* to the brick, that will immediately execute the code we just programmed.



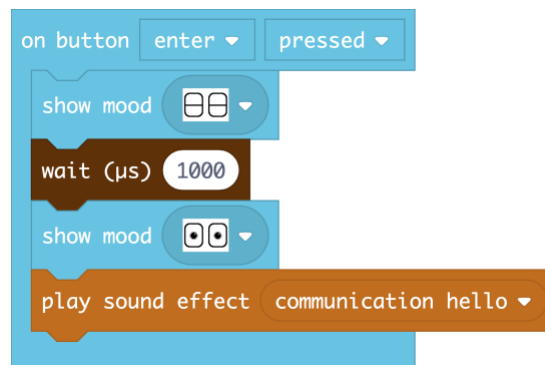
Source: makecode.com

Now that you know how to start, we will start with the practices.

### Exercise 1. Use of Brick functions

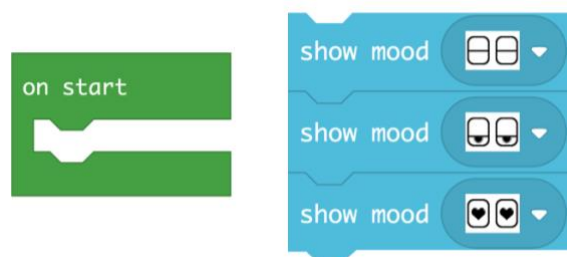
Copy the following structure. You will need to access *Brick*, *Music* and *Control* functions in the menu. Run it in the simulator first and then load it to the EV3 brick downloading it and connecting the USB cable as explained before.

See how *wait* function is expressed in  $\mu\text{s}$ , this is microseconds. 1 second is 1 000 000 microseconds. *Wait* function is in the *Control* functions menu.



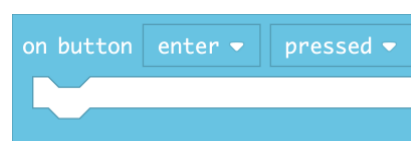
### Exercise 2. Use of screen

On start, automatically show the sleeping mood, then tired and then love face. You may need these functions.



### Exercise 3. Use of button

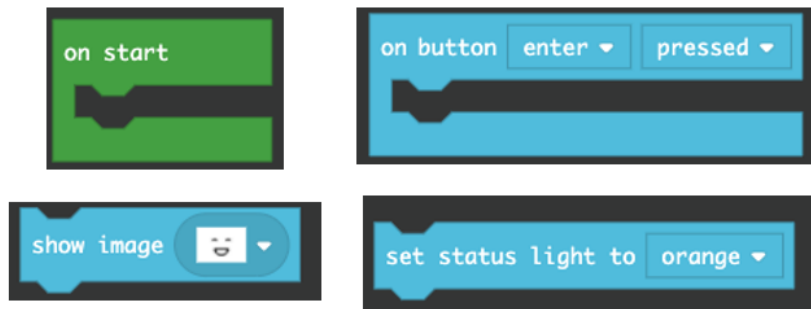
On start, automatically show the *sleeping mood*. If the enter button is pressed, show *love face* and then sleep again. You may need these functions in addition to previous ones.





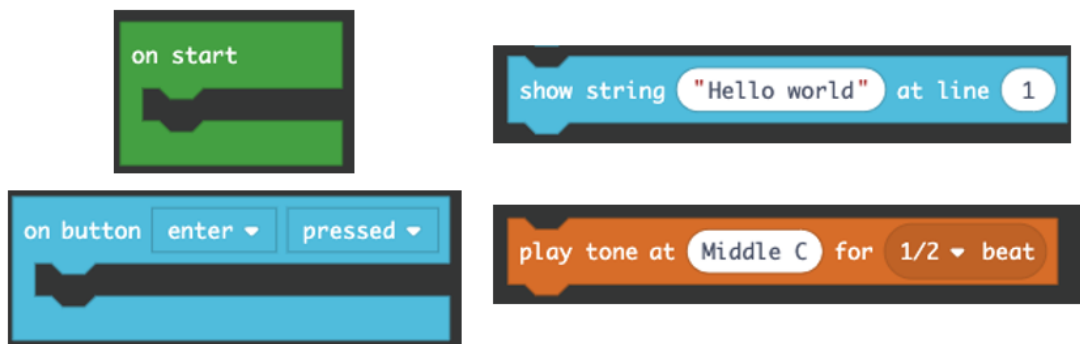
#### Exercise 4. Use of image and light

On start do nothing. If Enter button is pressed, show smile and show orange status light. Then show sad face and turn off the light. You may need these functions.



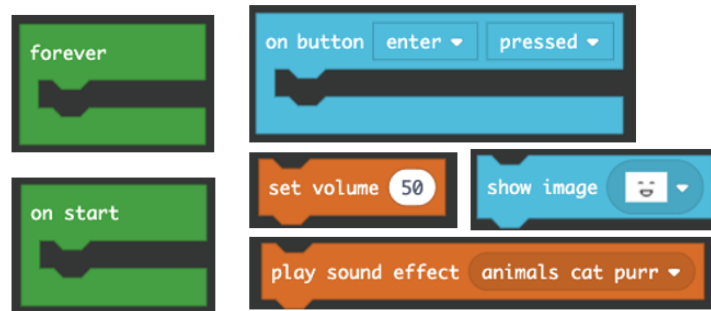
#### Exercise 5. Use of music

On start show string "Press Enter button". When Enter is pressed, the seven musical notes will be played in order. (In English they are C, D, E, F, G, A, instead of Spanish DO, RE, MI, FA, SOL, LA, SI). You may need these functions.



#### Exercise 6. Forever loop

On start show image thumbs up. When we press the Enter button, set volume to 50. Then animal teeth will be displayed and we will hear a dog barking. After that we will see an image of a sand clock. If we press Enter again, the action will repeat. You may need these functions.



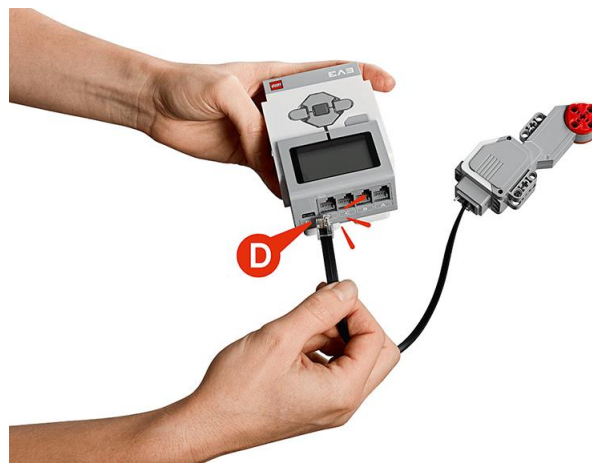
### Exercise 7. Forever loop

When a button is pressed an animal sounds. Show in the display a list of buttons and the corresponding animal that sounds when the button is pressed. You may need these functions in addition to previous ones.



## Practice 2. Motors

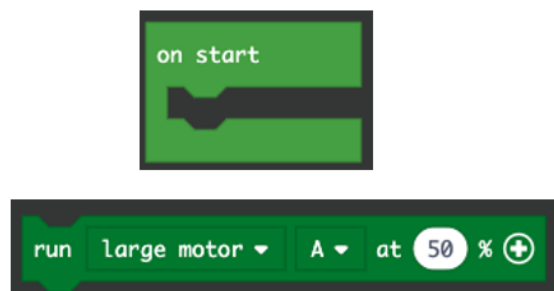
In this practice we are going to use motors. Motors are a type of actuators, so they have to be connected to ports indicated by letters: A, B, C, D. Here we will use port D to connect the large motor.



Source: makecode.com

### Exercise 1. Large motor

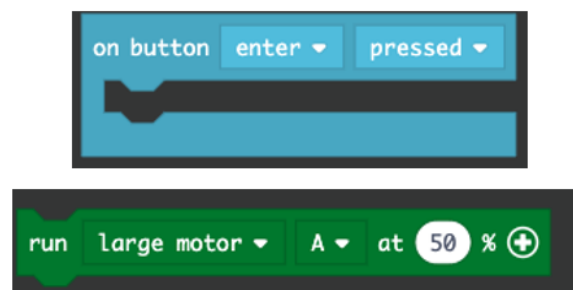
Large motors are usually connected to wheels and move the whole device. On start, the large motor will run 2 rotations at a speed of 50%. You can see number of rotations clicking the + symbol in the *run* function box. You may need these functions.



## Exercise 2. Medium motor

Medium motors are typically used to rotate things, but not wheels. Connect the medium motor to port C. If UP button is pressed, large motor will move at speed 50% 2 rotations and if DOWN button is pressed at -50% (opposite direction).

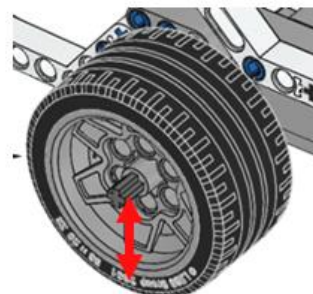
If LEFT button is pressed, medium motor will move at speed 50% 2 rotations and if RIGHT button is pressed at -50% (opposite direction). You can see number of rotations clicking the + symbol in the run function box. You may need these functions.



## Exercise 3. Tank

When 2 large motors move together, they are called tank. Connect other large motor to port A. Make them move at the same speed 2 rotations. Calculate the distance they should move if a wheel was placed on the motor. 1 rotation will move the wheel the equivalent to the perimeter of the wheel.

You may need these functions.



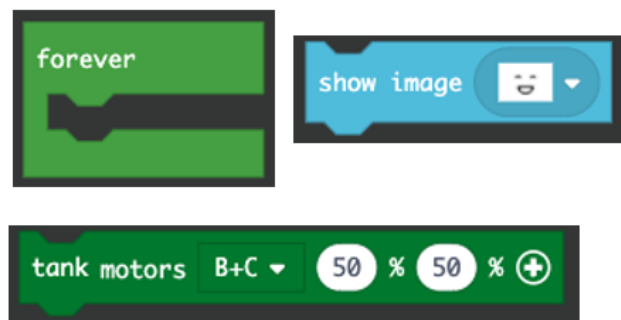
$$1 \text{ rotation} = 2\pi r$$

#### Exercise 4. Basic steering

If UP button is pressed, the motors will move at 50% speed 2 rotations. If DOWN is pressed, they will move at -50%. If LEFT button is pressed, left motor will move at speed of 10% and right motor at speed 50%. If RIGHT button is pressed, right motor will move at speed of 10% and left motor at speed 50%. You may need the same functions as before.

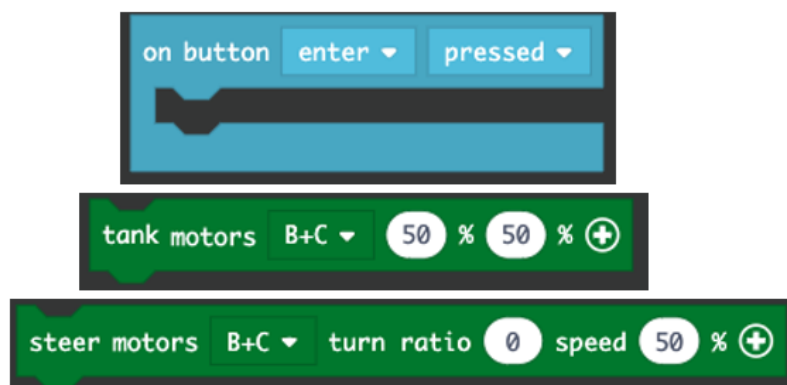
#### Exercise 5. Zig zag

Forever, the motors will rotate 2 rotations with left motor at 50% and right motor 10% speed. At the same time eyes will look at the right. Then they will rotate 2 rotations at 10% and 50% respectively. At the same time eyes will look at the left. You may need these functions.



#### Exercise 6. Proficient steering

If LEFT button is pressed, the motors will move forwards 2 rotations at speed 50% and then steer to the left a ratio of -45 at a speed of 20% for 3 seconds. If RIGHT button is pressed, it will do the same but ratio of 45. You may need these functions.



## Practice 3. Touch sensor, ultrasonic sensor and gyroscope

In this practice we are going to use the touch sensor, the ultrasonic sensor and the gyroscope sensor. Those are sensors, so they have to be connected in the numeric ports: **1, 2, 3 or 4**.



Touch sensor



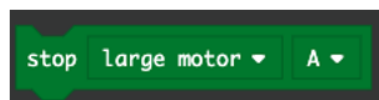
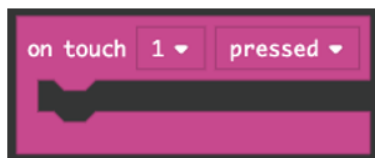
Ultrasounds sensor



Gyroscope sensor

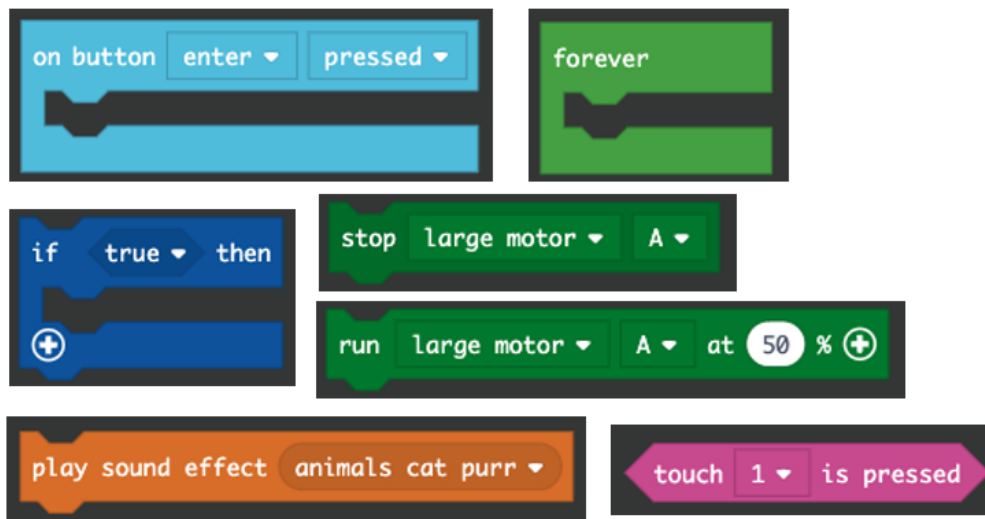
### Exercise 1. Touch sensor

Connect one large motor and one touch sensor. Make a code that, if the touch sensor is pressed the motor runs. If the touch sensor is released, the motor stops. You may need these functions.



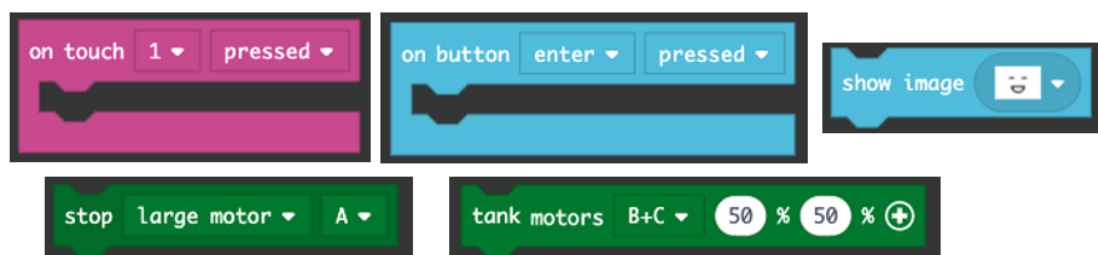
## Exercise 2 Conditionals: if, else

Connect one large motor and touch sensor. When the Enter button is pressed, the motor starts spinning. Forever, if the touch sensor is pressed, a sound effect is played and the motor stops. You may need these functions.



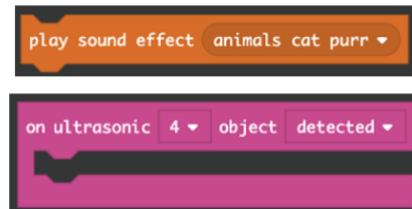
## Exercise 3. Basic obstacle detection

Connect 2 large motors and one touch sensor. When Enter is pressed, the tank moves forward at 50% speed. If the touch sensor is pressed, the tank stops and an image of a stop sign is displayed. You may need these functions.



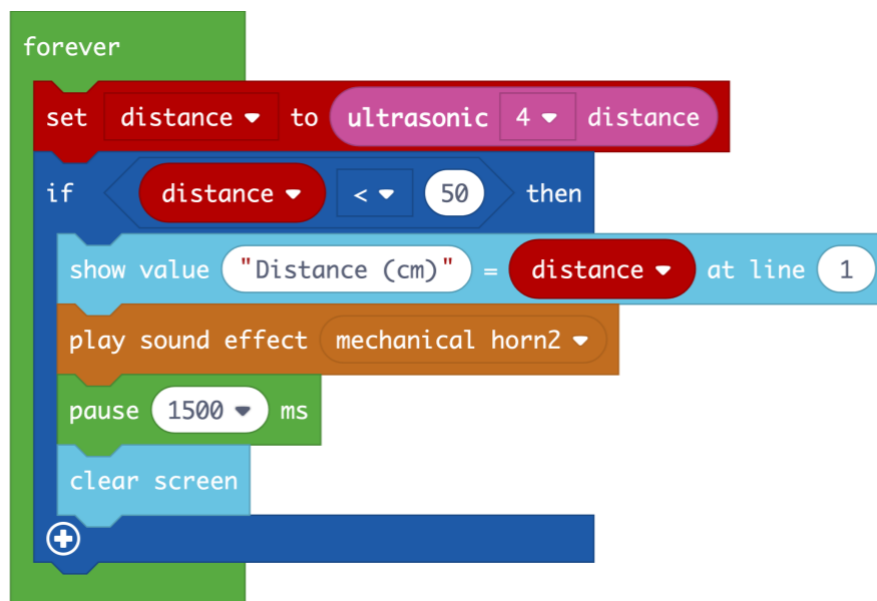
#### Exercise 4. Ultrasounds obstacle detection

Connect the ultrasounds sensor. If an object is near, play a sound of a car horn. You may need these functions.



#### Exercise 5. Ultrasounds measure distance

Copy this code and try it. To create the variable called distance, you have to go to the Variables menu and click on make a variable.

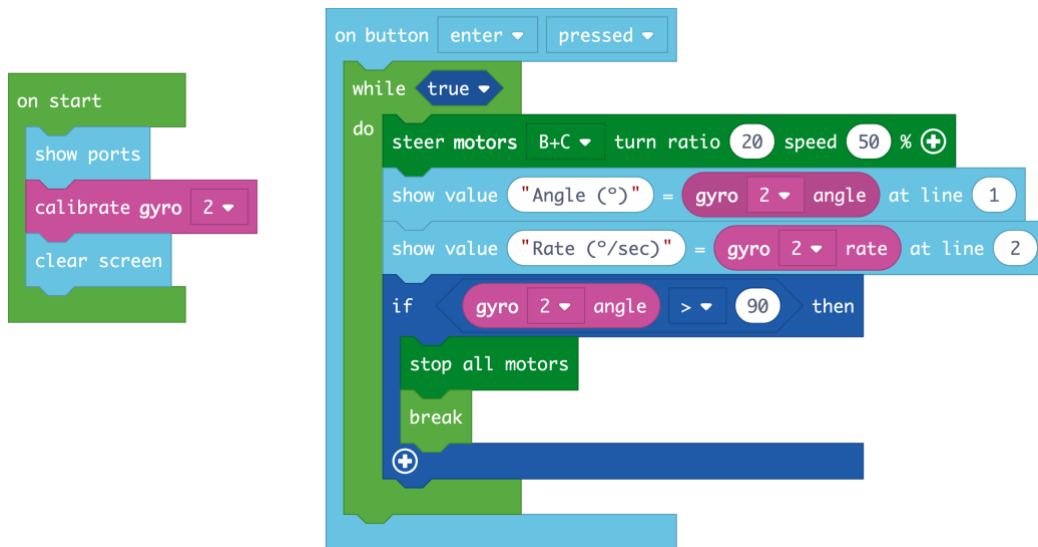


In this code, the variable distance takes the value of the distance to the object. If this distance is smaller than 50cm, the precise distance will be displayed in the screen. A horn sounds and after 1.5 seconds (1 second = 1000ms), the screen is cleared.

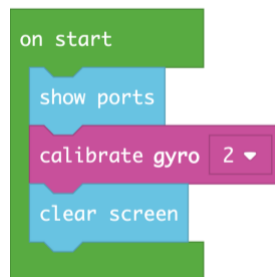


## Exercise 6. Gyroscope turning measurement

The gyroscope measures precisely how many degrees the robot has turned. Mount the tank with the two large motors and wheels. Copy this code.



EXPLANATION: When we use a gyroscope, we always calibrate it on start like this:



After that, when we press Enter button, the program will do the action inside the *while* loop until the *break* instruction is reached:



In the example, the motors will steer turning at 20 (20° every second) at a speed of 50%. It will display the angle already turned and the rate (how many degrees it turns every second). If it detects that the angle is already >90° it tells the program to stop motors and calls break function to end the while.

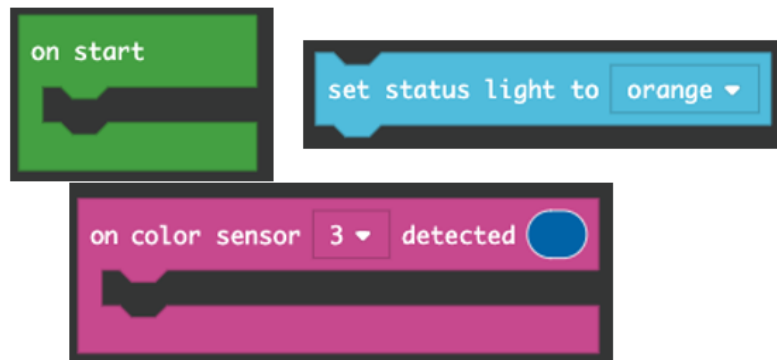
## Practice 4. Color sensor

In this practice we will use the color sensor to distinguish colours. As this is a sensor, we will connect it in a port of sensors, for example, port 3.



### Exercise 1. Detect color

We will use a yellow, red and green pieces of LEGO. The system will ask on start “what color is it?” If the piece is yellow, the status light will turn orange (there is no yellow light, only orange). If it is red, the light will turn red and if it is green the light will turn green. You may need these functions.



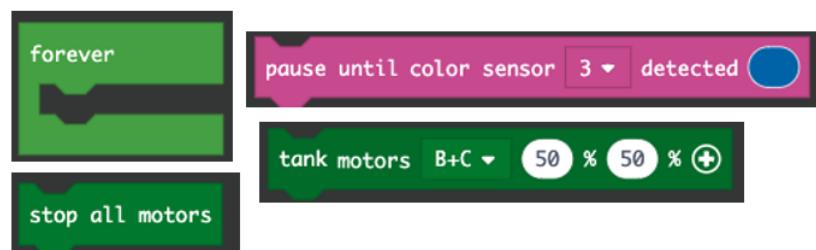
## Exercise 2. Detect color advanced

This exercise is like the previous one, but when a colour is detected also a sound effect will say the colour. After 1 second the light will turn off. Remember that 1 second is 1 000 000 $\mu$ s, wait function is located under Control functions. You may need these functions in addition to the previous exercise.



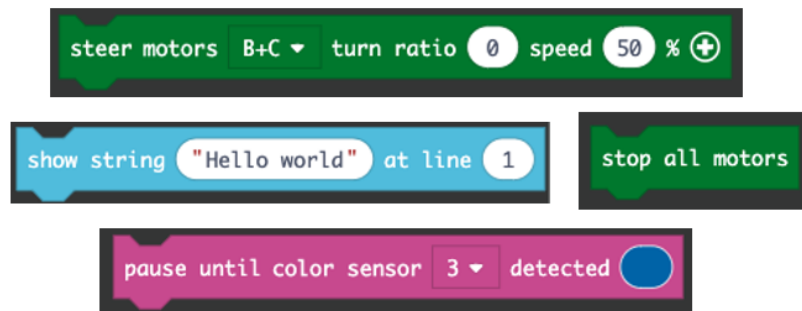
## Exercise 3. Traffic lights

Connect large motors to ports B and C. In a forever loop, move the motors if a green piece is detected and make them stop if a red piece is detected. You may need these functions.



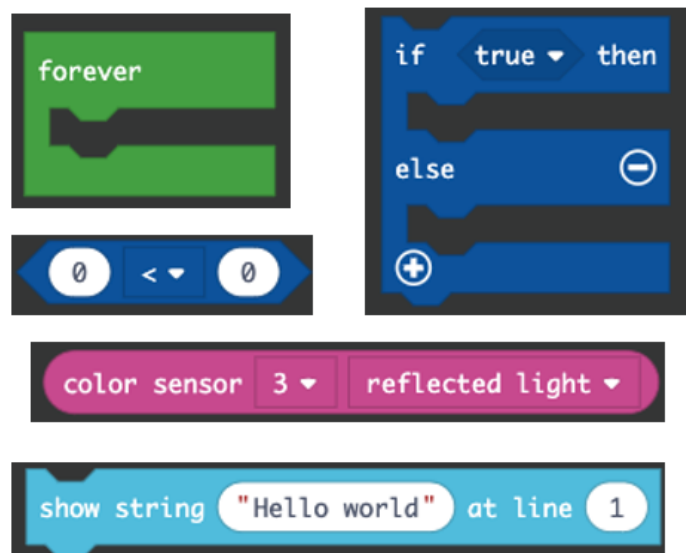
#### Exercise 4. Move until black found

When Enter button is pressed, a text will say “starting”. Then motors will steer at a ratio 0 (frontwards) and a new text will appear saying “waiting for black colour”. If black colour is found, motors will stop. You may need these functions.



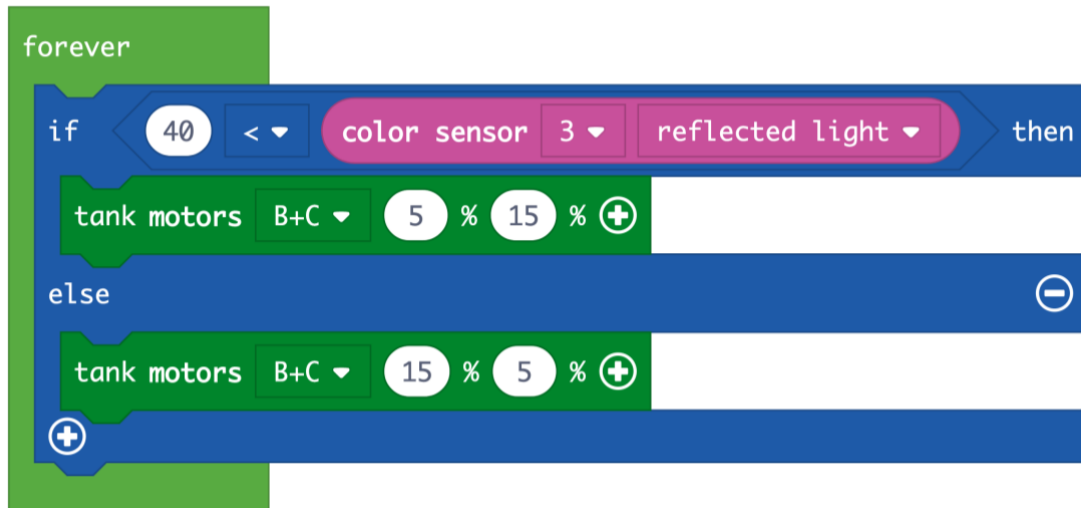
#### Exercise 5. Conditionals: if, else

Measure the color sensor reflected light and cover the sensor partially with your hand. If the light detected is smaller than 40, write “light below 40%”. In other cases (else), write “light above 40%”. You may need these functions.



## Exercise 6. Basic line following robot

Copy the following structure to make a robot that follows a dark line on the floor.



**EXPLANATION:** the robot does not follow the center of the line, it follows the border. If the sensor detects more brightness than 40%, it turns left and otherwise it turns right. This means it will be always turning right or left, but only a little each time, running practically in a straight line.



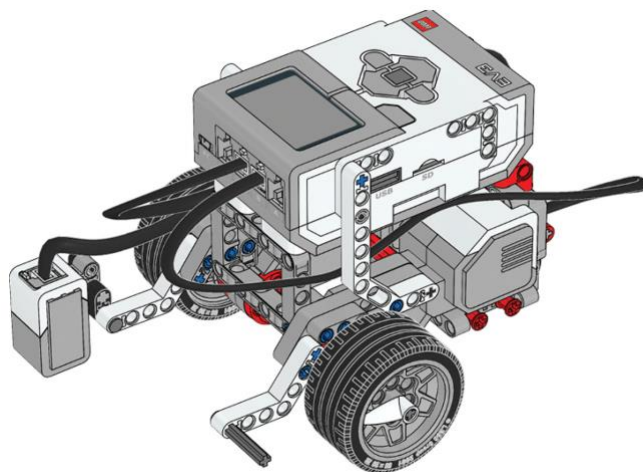


## Practice 5. Racing Team



We are going to start a **Robot Racing Championship!** and we will create our own Racing Teams to compete. We will work in groups, and each group will create a robot to race in the championship.

You already know the basic robot with the color sensor, but you can modify it with the pieces available in the kit.



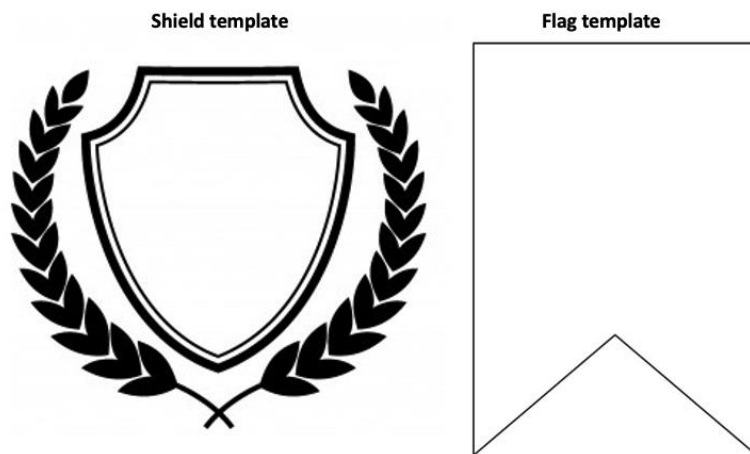
Source: LEGO.com

Remember that in the kit you have gears that can be used to multiply or reduce speed.

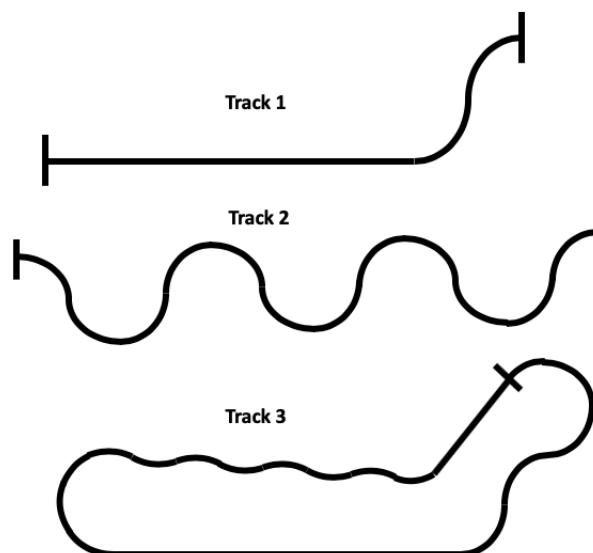


Source: LEGO.com

Each group will design a shield and a flag for its team so the fans can admire it. You can use these templates, or you can create your own from scratch. And also, select a name for your teams.



We will draw these 3 different tracks on the floor with black electrical tape and the **winner** of each race will get **4 points**, **second 2 points** and **third 1 point**. In tracks 1 and 2, the robot that stops nearest of the final line gets 1 EXTRA point. In track 3, robots have to run for 3 laps.



The competition finale will be running track 3 and it will take place in the **Assembly**. What an exceptional occasion!

There will be two prizes (surprise) awarded in two categories:



***Fastest robot***

Resulting in more points in the championship.



***Coollest robot***

Chosen by the public.

In the assembly you will also be in charge of **explaining to the audience the main parts of the robots and how they work**. The whole class together will create a **script for the presentation**. This will have mainly 3 parts and a duration of around 15 minutes:

1. Explanation of how robots work and how you programmed yours.
2. Race competition: your Race Teams will compete to see which one is the fastest.
3. Awards ceremony.